

10/509899 #2  
Rec CT/PTO 01 OCT 2004

日本国特許庁 PCT/JP 03/03932  
JAPAN PATENT OFFICE

25.03.03

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出願年月日  
Date of Application:

2002年 4月 1日

出願番号  
Application Number:

特願2002-099306

[ST.10/C]:

[JP 2002-099306]

REC'D 20 JUN 2003

WIPO PCT

出願人  
Applicant(s):

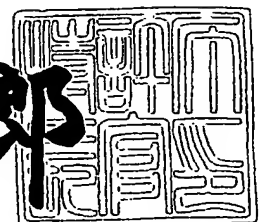
イビデン株式会社

**PRIORITY  
DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

2003年 6月 2日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特2003-3041418

【書類名】 特許願

【整理番号】 IB657

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G02B 6/12

【発明者】

    【住所又は居所】 岐阜県揖斐郡揖斐川町北方 1-1 イビデン株式会社内

    【氏名】 児玉 博明

【発明者】

    【住所又は居所】 岐阜県揖斐郡揖斐川町北方 1-1 イビデン株式会社内

    【氏名】 浅井 元雄

【発明者】

    【住所又は居所】 岐阜県揖斐郡揖斐川町北方 1-1 イビデン株式会社内

    【氏名】 田中 豊秋

【特許出願人】

    【識別番号】 000000158

    【氏名又は名称】 イビデン株式会社

【代理人】

    【識別番号】 100086586

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 安富 康男

【先の出願に基づく優先権主張】

    【出願番号】 特願2001-399448

    【出願日】 平成13年12月28日

【手数料の表示】

    【予納台帳番号】 033891

    【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

    【物件名】 明細書 1

    【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0004108

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光通信用デバイスおよび光通信用デバイスの製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 光信号伝送用光路が形成されるとともに、一の面に光学素子が実装された IC チップ実装用基板と、

少なくとも光導波路が形成された多層プリント配線板とからなる光通信用デバイスであって、

前記光導波路と、前記光学素子とが前記光信号伝送用光路を介して光信号を伝達することができるように構成されていることを特徴とする光通信用デバイス。

【請求項 2】 前記 IC チップ実装用基板と前記多層プリント配線板との間に封止樹脂層が形成されている請求項 1 に記載の光通信用デバイス。

【請求項 3】 前記封止樹脂層は、通信波長光の透過率が 70 % 以上である請求項 2 に記載の光通信用デバイス。

【請求項 4】 前記封止樹脂層には、粒子が含まれている請求項 2 または 3 に記載の光通信用デバイス。

【請求項 5】 前記光信号伝送用光路の少なくとも多層プリント配線板側の端部にマイクロレンズが配設されている請求項 1 ～ 4 のいずれか 1 に記載の光通信用デバイス。

【請求項 6】 前記光信号伝送用光路の少なくとも多層プリント配線板側の端部にマイクロレンズが配設され、前記マイクロレンズの屈折率が前記封止樹脂層の屈折率よりも大きい請求項 2 ～ 4 のいずれか 1 に記載の光通信用デバイス。

【請求項 7】 前記光学素子は、受光素子および／または発光素子である請求項 1 ～ 6 のいずれか 1 に記載の光通信用デバイス。

【請求項 8】 前記光信号伝送用光路は、その内部に光路用樹脂層が形成されている請求項 1 ～ 7 のいずれか 1 に記載の光通信用デバイス。

【請求項 9】 光信号伝送用光路が形成されるとともに、一の面に光学素子が実装された IC チップ実装用基板と、少なくとも光導波路が形成された多層プリント配線板とを別々に製造した後、

前記 IC チップ実装用基板の光学素子と前記多層プリント配線板の光導波路との



間で、光信号の伝送ができる位置に両者を配置、固定し、さらに、前記 IC チップ実装用基板と前記多層プリント配線板との間に封止用樹脂組成物を流し込んだ後、硬化処理を施すことにより封止樹脂層を形成することを特徴とする光通信用デバイスの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、光通信用デバイスおよび光通信用デバイスの製造方法に関する。

【0002】

近年、通信分野を中心として光ファイバに注目が集まっている。特に IT（情報技術）分野においては、高速インターネット網の整備に、光ファイバを用いた通信技術が必要となる。

光ファイバは、①低損失、②高帯域、③細径・軽量、④無誘導、⑤省資源等の特徴を有しており、これらの特徴を有する光ファイバを用いた通信システムでは、従来のメタリックケーブルを用いた通信システムに比べ、中継器数を大幅に削減することができ、建設、保守が容易になり、通信システムの経済化、高信頼性化を図ることができる。

【0003】

また、光ファイバは、一つの波長の光だけでなく、多くの異なる波長の光を 1 本の光ファイバで同時に多重伝送することができるため、多様な用途に対応可能な大容量の伝送路を実現することができ、映像サービス等にも対応することができる。

【0004】

そこで、このようなインターネット等のネットワーク通信においては、光ファイバを用いた光通信を、基幹網の通信のみならず、基幹網と端末機器（パソコン、モバイル、ゲーム等）との通信や、端末機器同士の通信にも用いることが提案されている。

【0005】

このように基幹網と端末機器との通信等に光通信を用いる場合、端末機器におい

て情報（信号）処理を行うＩＣが、電気信号で動作するため、端末機器には、光→電気変換器や電気→光変換器等の光信号と電気信号とを変換する装置（以下、光／電気変換器ともいう）を取り付ける必要がある。そこで、従来の端末機器では、例えば、ＩＣチップを実装したパッケージ基板、光信号を処理する受光素子や発光素子等の光学部品等を別々に実装し、これらに電気配線や光導波路を接続し、信号伝送および信号処理を行っていた。

【０００６】

【発明が解決しようとする課題】

このような従来の端末機器では、ＩＣ実装パッケージ基板と光学部品とを別々に実装しているため、装置全体が大きくなり、端末機器の小型化を妨げる要因となっていた。

また、従来の端末機器では、ＩＣ実装パッケージ基板と光学部品との距離が離れているため、電気配線距離が長く、信号伝送時にクロストークノイズ等による信号エラー等が発生しやすかった。

【０００７】

【課題を解決するための手段】

そこで、本発明者らは鋭意検討した結果、各種光学部品を実装したＩＣチップ実装用基板と多層プリント配線板とを対向配置することにより、接続信頼性に優れる光通信を達成することができるとともに、端末機器の小型化に寄与することができることを見出し、下記の構成からなる本発明の光通信用デバイスを完成させた。

さらに、光通信用デバイスにおいて、対向配置したＩＣチップ実装用基板と多層プリント配線板との間に封止樹脂層を形成した場合には、各光学部品間に空気中を浮遊している異物等が入り込むことがなく、加えて、ＩＣチップ実装用基板と多層プリント配線板との間で発生する応力を緩和することができるため、より信頼性に優れる光通信用デバイスとなることを見出した。

【０００８】

すなわち、本発明の光通信用デバイスは、光信号伝送用光路が形成されるとともに、一の面に光学素子が実装されたＩＣチップ実装用基板と、

少なくとも光導波路が形成された多層プリント配線板とからなる光通信用デバイスであって、

上記光導波路と、上記光学素子とが上記光信号伝送用光路を介して光信号を伝達することができるように構成されていることを特徴とする。

【0009】

上記光通信用デバイスにおいては、上記ICチップ実装用基板と上記多層プリント配線板との間に封止樹脂層が形成されていることが望ましく、上記封止樹脂層は、通信波長光の透過率が70%以上であることが望ましい。

さらに、上記封止樹脂層には、粒子が含まれていることが望ましい。

【0010】

また、上記光通信用デバイスにおいては、上記光信号伝送用光路の少なくとも多層プリント配線板側の端部にマイクロレンズが配設されていることが望ましく、上記光信号伝送用光路の少なくとも多層プリント配線板側の端部にマイクロレンズが配設されており、上記ICチップ実装用基板と上記多層プリント配線板との間に封止樹脂層が形成されている場合には、上記マイクロレンズの屈折率は、上記封止樹脂層の屈折率よりも大きいことが望ましい。

【0011】

上記光通信用デバイスにおいて、上記光学素子は、受光素子および／または発光素子であることが望ましい。

また、上記光信号伝送用光路は、その内部に光路用樹脂層が形成されていることが望ましい。

【0012】

本発明の光通信用デバイスの製造方法は、光信号伝送用光路が形成されるとともに、一の面に光学素子が実装されたICチップ実装用基板と、少なくとも光導波路が形成された多層プリント配線板とを別々に製造した後、

上記ICチップ実装用基板の光学素子と上記多層プリント配線板の光導波路との間で、光信号の伝送ができる位置に両者を配置、固定し、

さらに、上記ICチップ実装用基板と上記多層プリント配線板との間に封止用樹脂組成物を流し込んだ後、硬化処理を施すことにより封止樹脂層を形成すること

を特徴とする。

【0013】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の光通信用デバイスについて説明する。

本発明の光通信用デバイスは、光信号伝送用光路が形成されるとともに、一の面に光学素子が実装されたＩＣチップ実装用基板と、

少なくとも光導波路が形成された多層プリント配線板とからなる光通信用デバイスであって、

上記光導波路と、上記光学素子とが上記光信号伝送用光路を介して光信号を伝達することができるように構成されていることを特徴とする。

【0014】

本発明の光通信用デバイスは、所定の位置に光学素子が実装されたＩＣチップ実装用基板と、所定の位置に光導波路が形成された多層プリント配線板とから構成されているため、実装した光学部品間の接続損失が低く、光通信用デバイスとして接続信頼性に優れる。

また、上記光通信用デバイスでは、光通信に必要な光学部品と電子部品とを一体化することができるため、光通信用端末機器の小型化に寄与することができる。

【0015】

また、本発明の光通信用デバイスにおいて、ＩＣチップ実装用基板と多層プリント配線板との間には、封止樹脂層が形成されていることが望ましい。封止樹脂層が形成されている場合には、光学素子と光導波路との間に、空气中を浮遊しているゴミや異物等が入り込むことがなく、このゴミや異物等により光信号の伝送が阻害されることがないため、光通信用デバイスとしての信頼性により優れることとなる。

【0016】

さらに、封止樹脂層が形成されている場合には、該封止樹脂層が上記ＩＣチップ実装用基板と上記多層プリント配線板との間で熱膨張係数の差に起因して発生する応力を緩和する役目を果たすことができるため、例えば、ＩＣチップ実装用基板と多層プリント配線板とを接続する半田バンプ付近での破断等を防止すること

ができる。また、上記封止樹脂層を形成した場合には、光学素子や光導波路の位置ズレがより発生しにくく、光学素子と光導波路との間での光信号の伝送も阻害されない。

従って、このような点からもＩＣチップ実装用基板と多層プリント配線板との間に封止樹脂層が形成されている場合には、光通信用デバイスとしての信頼性により優れることとなる。

#### 【0017】

また、本発明の光通信用デバイスにおいて、上記ＩＣチップ実装用基板と上記多層プリント配線板とは、半田バンプを介して電氣的に接続されていることが望ましい。半田が有するセルフアライメント作用により両者をより確実に所定の位置に配置することができるからである。

なお、セルフアライメント作用とは、リフロー処理時に半田が自己の有する流動性により半田バンプ形成用開口の中央付近により安定な形状で存在しようとする作用をいい、この作用は、半田がソルダーレジスト層にはじかれるとともに、半田が金属に付く場合には、球形になろうとする表面張力が強く働くために起こるものと考えられる。このセルフアライメント作用を利用した場合、上記半田バンプを介して、上記多層プリント配線板上に、上記ＩＣチップ実装用基板を接続する際に、リフロー前には両者に位置ズレが発生していたとしても、リフロー時に上記ＩＣチップ実装用基板が移動し、該ＩＣチップ実装用基板を上記多層プリント配線板上の正確な位置に取り付けることができる。

従って、上記ＩＣチップ実装用基板と上記多層プリント配線板とのそれぞれに、受光素子や発光素子、光導波路等の光学部品を正確な位置に取り付けておけば、半田バンプを介して上記多層プリント配線板上に、上記ＩＣチップ実装用基板を接続することにより接続信頼性に優れる光通信用デバイスを製造することができる。

#### 【0018】

以下、本発明の光通信用デバイスについて、図面を参照しながら説明する。

図１は、本発明の光通信用デバイスの一実施形態を模式的に示す断面図である。

なお、図１には、ＩＣチップが実装された状態の光通信用デバイスを示す。

## 【0019】

図1に示すように、光通信用デバイス150は、ICチップ140を実装したICチップ実装用基板120と多層プリント配線板100とから構成され、ICチップ実装用基板120と多層プリント配線板100とは、半田接続部137を介して電氣的に接続されている。

また、ICチップ実装用基板120と多層プリント配線板100との間には、封止樹脂層160が形成されている。

## 【0020】

ICチップ実装用基板120は、基板121の両面に導体回路124、125と層間樹脂絶縁層122とが積層形成され、基板121を挟んだ導体回路同士、および、層間樹脂絶縁層122を挟んだ導体回路同士は、それぞれ、スルーホール129およびバイアホール127により電氣的に接続されている。また、最外層には、ソルダーレジスト層134が形成されている。

このICチップ実装用基板120では、両面に導体回路124、125や層間樹脂絶縁層122、ソルダーレジスト層134が形成された基板121を貫通する光信号伝送用光路141（141a、141b）が形成されており、光信号伝送用光路141は、その壁面に導体層145が形成され、その内部に光路用樹脂層142が形成されている。

なお、上記導体層は、形成されていなくてもよい。

## 【0021】

さらに、ICチップ実装用基板120の一の面には、受光部138aおよび発光部139aのそれぞれが光信号伝送用光路141に対向するように、受光素子138および発光素子139が半田接続部144を介して表面実装されるとともに、ICチップ140が半田接続部143を介して表面実装されている。

## 【0022】

多層プリント配線板100は、基板101の両面に導体回路104と層間樹脂絶縁層102とが積層形成され、基板101を挟んだ導体回路同士、および、層間樹脂絶縁層102を挟んだ導体回路同士は、それぞれ、スルーホール109およびバイアホール107により電氣的に接続されている。

また、多層プリント配線板100のICチップ用実装基板120と対向する側の最外層には、光路用開口111と半田バンプとを備えた溶剤レジスト層114が形成されるとともに、光路用開口111(111a、111b)直下に光変換ミラー119(119a、119b)を備えた光導波路118(118a、118b)が形成されており、光路用開口111内には、光路用樹脂層108が形成されている。

#### 【0023】

このような構成からなる光通信用デバイス150では、光ファイバ等(図示せず)を介して外部から送られてきた光信号が、光導波路118aに導入され、光路変換ミラー119aおよび光路用開口111a、さらには、封止樹脂層160、光信号伝送用光路141aを介して受光素子138(受光部138a)に送られた後、受光素子138で電気信号に変換され、さらに、導体回路および半田接続部を介してICチップ140に送られることとなる。

#### 【0024】

また、ICチップ140から送り出された電気信号は、半田接続部および導体回路を介して発光素子139に送られた後、発光素子139で光信号に変換され、この光信号が発光素子139(発光部139a)から光信号伝送用光路141b、封止樹脂層160、光路用開口111bおよび光変換ミラー119bを介して光導波路118bに導入され、さらに、光ファイバ等(図示せず)を介して光信号として外部に送りだされることとなる。

#### 【0025】

このような本発明の光通信用デバイスでは、ICチップ実装用基板内、すなわち、ICチップに近い位置で、光/電気信号変換を行うため、電気信号の伝送距離が短く、より高速通信に対応することができるとともに、光通信に必要な光学部品と電子部品とを一体化することができるため、光通信用端末機器の小型化に寄与することができる。

#### 【0026】

また、上記光通信用デバイスでは、ICチップから送り出された電気信号は、上述したように光信号に変換された後、光ファイバを介して外部に送りだされるだ

けでなく、半田バンプを介して多層プリント配線板に送られ、該多層プリント配線板の導体回路（バイアホール、スルーホールを含む）を介して、多層プリント配線板に実装された他のＩＣチップ等の電子部品に送られることとなる。

【0027】

また、図１に示す光通信用デバイス１５０では、ＩＣチップ実装用基板１２０と多層プリント配線板１００との間に封止樹脂層１６０が形成されている。このように、ＩＣチップ実装用基板と、多層プリント配線板との間に封止樹脂層が形成されている光通信用デバイスは、光学素子と光導波路との間に、空気中を浮遊しているゴミや異物等が入り込むことがなく、ゴミや異物の存在により光信号の伝送が阻害されることがないため、より信頼性に優れることとなる。

【0028】

上記封止樹脂層としては、通信波長帯での吸収が少ないものであれば特に限定されず、その材料としては、例えば、熱硬化性樹脂、熱可塑性樹脂、感光性樹脂、熱硬化性樹脂の一部が感光化された樹脂、紫外線硬化型樹脂等が挙げられる。これらのなかでは、熱硬化性樹脂が望ましい。

具体的には、例えば、PMMA（ポリメチルメタクリレート）、重水素化PMMA、重水素フッ素化PMMA等のアクリル樹脂；フッ素化ポリイミド等のポリイミド樹脂；エポキシ樹脂；UV硬化性エポキシ樹脂；重水素化シリコン樹脂等のシリコン樹脂；ベンゾシクロブテンから製造されるポリマー等が挙げられる。

【0029】

また、上記封止樹脂層は、通信波長光の透過率が７０％以上であることが望ましい。

通信波長光の透過率が７０％未満では、光信号の損失が大きく、光通信用デバイスの信頼性の低下に繋がることからである。上記透過率は、９０％以上であることがより望ましい。

特に、上記封止樹脂層が上述した樹脂成分のみからなる場合には、その透過率は、９０％以上であることが望ましく、後述するように、封止樹脂層に粒子が配合されている場合には、その透過率は、７０％以上であることが望ましい。



## 【0030】

なお、本明細書において、通信波長光の透過率とは、長さ1mmあたりの通信波長光の透過率をいう。具体的には、強さ $I_1$ の光が上記封止樹脂層に入射し、該封止樹脂層を1mm通過して出てきたとした際に、出てきた光の強さが $I_2$ である場合に下記式(1)により算出される値である。

## 【0031】

$$\text{透過率 (\%)} = (I_2 / I_1) \times 100 \cdots (1)$$

## 【0032】

なお、上記透過率とは、25～30℃で測定した透過率をいう。

## 【0033】

また、上記封止樹脂層には、樹脂粒子、無機粒子、金属粒子等の粒子が含まれていることが望ましい。

粒子を含ませることにより、上記ICチップ実装用基板や上記多層プリント配線板との間で熱膨張係数を整合させることができ、熱膨張係数の差に起因したクラック等がより発生しにくくなるからである。

## 【0034】

なお、ICチップ実装用基板と多層プリント配線板とからなる本発明の光通信用デバイスにおいて、その構成部材の熱膨張係数(z軸方向)は、例えば、基板が $5.0 \times 10^{-6} \sim 6.0 \times 10^{-6}$  (／℃) 程度、層間樹脂絶縁層が $6.0 \times 10^{-6} \sim 8.0 \times 10^{-6}$  (／℃) 程度、粒子が $0.1 \times 10^{-6} \sim 1.0 \times 10^{-6}$  (／℃) 程度、封止樹脂層が $0.1 \times 10^{-6} \sim 100 \times 10^{-6}$  (／℃) 程度、粒子が配合された封止樹脂層が $3.0 \times 10^{-6} \sim 4.0 \times 10^{-6}$  (／℃) 程度、ICチップやシリコン、ゲルマニウム等を材料とする光学素子が $0.5 \times 10^{-6} \sim 1.5 \times 10^{-6}$  (／℃) 程度、導体回路が $1.0 \times 10^{-6} \sim 2.0 \times 10^{-6}$  (／℃) 程度である。なお、上記熱膨張係数の測定温度は20℃である。

このように、封止樹脂層に粒子が配合されていると、該封止樹脂層と光通信用デバイスを構成する他の構成部材との熱膨張係数の差が小さくなる。そのため、応力が緩和されることとなる。

また、封止樹脂層に粒子が配合されている場合には、光学素子や光導波路の位置

ズレがより発生しにくくなる。

【0035】

また、上記封止樹脂層に粒子を配合する場合、該封止樹脂層の樹脂成分の屈折率と、上記粒子の屈折率とは同程度であることが望ましい。そのため、封止樹脂層に粒子を配合する場合には、屈折率の異なる2種類以上の粒子を混ぜ合わせて、粒子の屈折率が樹脂成分の屈折率と同程度になるようにすることが望ましい。

具体的には、例えば、樹脂成分が屈折率1.53のエポキシ樹脂である場合には、屈折率が1.54のシリカ粒子と屈折率が1.52のチタニア粒子とを混ぜ合わせて用いることが望ましい。

なお、粒子を混ぜ合わせる方法としては、混練する方法、2種類以上の粒子を溶かして混ぜ合わせた後、粒子状にする方法等が挙げられる。

【0036】

上記樹脂粒子としては、例えば、熱硬化性樹脂、熱可塑性樹脂、感光性樹脂、熱硬化性樹脂の一部が感光性化された樹脂、熱硬化性樹脂と熱可塑性樹脂との樹脂複合体、感光性樹脂と熱可塑性樹脂との複合体等からなるものが挙げられる。

【0037】

具体的には、例えば、エポキシ樹脂、フェノール樹脂、ポリイミド樹脂、ビスマレイミド樹脂、ポリフェニレン樹脂、ポリオレフィン樹脂、フッ素樹脂等の熱硬化性樹脂；これらの熱硬化性樹脂の熱硬化基（例えば、エポキシ樹脂におけるエポキシ基）にメタクリル酸やアクリル酸等を反応させ、アクリル基を付与した樹脂；フェノキシ樹脂、ポリエーテルスルホン（PES）、ポリスルホン（PSF）、ポリフェニレンスルホン（PPS）、ポリフェニレンサルファイド（PPES）、ポリフェニルエーテル（PPE）、ポリエーテルイミド（PI）等の熱可塑性樹脂；アクリル樹脂等の感光性樹脂等からなるものが挙げられる。

また、上記熱硬化性樹脂と上記熱可塑性樹脂との樹脂複合体や、上記アクリル基を付与した樹脂や上記感光性樹脂と上記熱可塑性樹脂との樹脂複合体からなるものを用いることもできる。

また、上記樹脂粒子としては、ゴムからなる樹脂粒子を用いることもできる。

【0038】

また、上記無機粒子としては、例えば、アルミナ、水酸化アルミニウム等のアルミニウム化合物、炭酸カルシウム、水酸化カルシウム等のカルシウム化合物、炭酸カリウム等のカリウム化合物、マグネシア、ドロマイト、塩基性炭酸マグネシウム等のマグネシウム化合物、シリカ、ゼオライト等のケイ素化合物、チタニア等のチタン化合物等からなるものが挙げられる。また、シリカとチタニアとを一定の割合で混ぜ、溶融させて均一化したものを用いてもよい。

また、上記無機粒子として、リンやリン化合物からなるものを用いることもできる。

#### 【0039】

上記金属粒子としては、例えば、金、銀、銅、パラジウム、ニッケル、白金、鉄、亜鉛、鉛、アルミニウム、マグネシウム、カルシウム等からなるものが挙げられる。

これらの樹脂粒子、無機粒子および金属粒子は、単独で用いても良いし、2種以上併用してもよい。

#### 【0040】

また、上記粒子の形状は特に限定されず、例えば、球状、楕円球状、破碎状、多面体状等が挙げられる。これらのなかでは、球状、または、楕円球状が望ましい。球状や楕円球状の粒子には角がないため、封止樹脂層にクラック等がより発生しにくいからである。

さらに、上記粒子の形状が球状または楕円球状である場合には、該粒子で光が反射しにくく、光信号の損失が低減されることとなる。

#### 【0041】

また、上記粒子の粒径の望ましい下限は $0.01\mu\text{m}$ であり、より望ましい下限は $0.1\mu\text{m}$ である。一方、上記粒径の望ましい上限は $100\mu\text{m}$ であり、より望ましい上限は $50\mu\text{m}$ であり、特に、その上限は通信波長より短いことが望ましい。上記粒子の平均粒径が通信波長より短いと、より光信号の伝送が阻害されるおそれが少なくなるからである。

また、この範囲の粒径を有する粒子であれば、2種類以上の異なる粒径の粒子を含んでいてもよい。

なお、本明細書において、粒子の粒径とは、粒子の一番長い部分の長さをいう。

【0042】

上記封止樹脂層に含まれる粒子の配合量の望ましい下限は10重量%であり、より望ましい下限は20重量%である。一方、上記粒子の配合量の望ましい上限は80重量%であり、より望ましい上限は70重量%である。粒子の配合量が10重量%未満であると、粒子を配合させる効果が得られないことがあり、粒子の配合量が80重量%を超えると、光信号の伝送が阻害されることがあるからである。

なお、上記封止樹脂層の組成は、光信号の伝送損失、耐熱性、曲げ強度等の信頼性に影響を及ぼすため、その具体的な組成は、封止樹脂層が光信号の低損失性、優れた耐熱性や耐クラック性を満たすように適宜選択すれば良い。

【0043】

本発明の光通信用デバイスでは、上記光信号伝送用光路の屈折率と、上記封止樹脂層の屈折率とが同一であることが望ましい。例えば、上記光信号伝送用光路の屈折率が、上記封止樹脂層の屈折率よりも小さい場合には、光信号伝送用光路を介して伝送される光信号が受光素子の受光部に向かって集光することとなり、上記発光素子から送り出された光信号は、光信号伝送用光路と封止樹脂層との界面で広がらない方向に屈折することとなるものの、両者の屈折率が異なることに起因して、光信号伝送用光路と封止樹脂層との界面で光信号の反射が発生することとなり、その結果、光信号の伝送損失が大きくなる。従って、光信号の伝送損失を小さくするには、光信号伝送用光路の屈折率と上記封止樹脂層の屈折率とは同一であることが望ましく、通常は、光信号伝送用光路と封止樹脂層との界面での光信号の反射の度合いと、屈折の度合いとを考慮して、両者の屈折率を適宜選択することとなる。

【0044】

なお、上記封止樹脂層等に用いられる樹脂成分の屈折率は、例えば、エポキシ樹脂が1.50～1.60程度、アクリル樹脂が1.40～1.55程度、ポリオレフィンが1.55～1.65程度であり、上記封止樹脂層等の屈折率を調整する方法としては、例えば、樹脂成分の一部をフッ素化したり、フェニル化したり

することにより分極率を変化させたり、樹脂成分の一部を重水素化することにより分子量を変化させて、樹脂成分の屈折率を変える方法等が挙げられる。なお、このような屈折率の調整方法は、光導波路の屈折率を調整する方法としても用いることができる。

#### 【0045】

上記光通信用デバイスにおいて、光信号伝送用光路は、図1に示すように、その内部に光路用樹脂層が形成されていることが望ましい。上述したように本発明の光通信用デバイスでは、ICチップ実装用基板と多層プリント配線板との間に封止樹脂層が形成されていることが望ましいのであるが、光信号伝送用光路の内部が空隙により構成されている場合には、封止樹脂層を形成する際に、該光信号伝送用光路内の一部に封止樹脂層が入り込んでしまうことがあり、これにより光信号の伝送が阻害されてしまうことがあるからである。

#### 【0046】

また、上記光通信用デバイスでは、図1に示すように、光信号伝送用光路の壁面に導体層が形成されていることが望ましい。光信号伝送用光路の壁面に導体層を形成することにより、上記光信号伝送用光路の壁面での光の乱反射を低減し、光信号の伝送性を向上させることができるからである。

#### 【0047】

また、上記光通信用デバイスでは、多層プリント配線板に設けられた光路用開口内にも光路用樹脂層が形成されていることが望ましく、この場合、上記光路用樹脂層の屈折率と封止樹脂層の屈折率とは同一であることが望ましい。両者の屈折率が同一である場合には、光信号伝送用光路の屈折率と封止樹脂層の屈折率とが同一の場合と同様、光信号の伝送損失を小さくすることができるからである。

さらに、上記光路用開口内が空隙である場合には、上記光通信用デバイス製造時の封止樹脂層を形成する工程において、封止樹脂層を形成するための未硬化の樹脂組成物が上記光路用開口の空隙内に入り込み、その際にボイドが発生することがあり、このようなボイドの発生は光通信用デバイスの光信号伝送能に悪影響を及ぼすことがあるが、光路用開口内に光路用樹脂層を形成した場合には、このような問題が発生することがない。

## 【0048】

また、上記 ICチップ実装用基板と上記多層プリント配線板との間に封止樹脂層が形成され、さらに、上記光信号伝送用光路の内部に光路用樹脂層が形成されるとともに、上記光路用開口の内部にも光路用樹脂層が形成されている場合には、上記封止樹脂層、ならびに、上記光信号伝送用光路および上記光路用開口内の光路用樹脂層のそれぞれの屈折率は同一であることが望ましい。このように三者の屈折率が同一である場合には、上記封止樹脂層と上記光路用樹脂層との界面で光信号の反射が起こらないからである。

## 【0049】

また、上記光通信用デバイスにおいては、上記光信号伝送用光路の少なくとも片側の端部にマイクロレンズが配設されていることが望ましい。

図2は、本発明の光通信用デバイスの別の一実施形態を模式的に示す断面図である。

図2に示す光通信用デバイス250では、図1に示した光通信用デバイス150と同様、ICチップ実装用基板220と多層プリント配線板200とから構成され、ICチップ実装用基板220と多層プリント配線板200との間には、封止樹脂層260が形成されている。

また、ICチップ実装用基板220では、その内部に光路用樹脂層242が形成された光信号伝送用光路241の多層プリント配線板200側の端部にマイクロレンズ246が配設されている。

このように、マイクロレンズを配設することにより、光学素子（受光素子および発光素子）と光導波路との間で、より確実に光信号を伝送することができる。

## 【0050】

なお、光通信用デバイス250の実施形態は、ICチップ実装用基板220の光信号伝送用光路242の一端にマイクロレンズ246が配設されている以外は、光通信用デバイス150の実施形態と同一である。

## 【0051】

また、上記光信号伝送用光路の一端（多層プリント配線板側）に配設されるマイクロレンズの屈折率は、上記封止樹脂層の屈折率よりも大きいことが望ましい。

このような屈折率を有するマイクロレンズを配設することにより、所望の方向に光信号を集光させることができるため、より確実に光信号の伝送を行うことができる。

【0052】

また、上記マイクロレンズが、図2に示すような片面（封止樹脂層側）にのみ凸面を有する凸形状レンズである場合、上記マイクロレンズの曲率半径は、上記マイクロレンズの焦点距離を考慮して適宜選択する。具体的には、マイクロレンズの焦点距離を長くする場合には曲率半径を小さくし、焦点距離を短くする場合には、曲率半径を大きくする。

【0053】

また、上記マイクロレンズが配設され、上記光信号伝送用光路の内部に光路用樹脂層が形成されている場合には、上記マイクロレンズの屈折率は、上記光路用樹脂層の屈折率より大きくてもよいし、上記光路用樹脂層の屈折率と同一であってもよい。

【0054】

また、図示はしていないが、多層プリント配線板の光路用開口の内部にも光路用樹脂層が形成されている場合には、該光路用開口の封止樹脂層側の端部にもマイクロレンズが配設されていることが望ましく、この場合、マイクロレンズの屈折率は、上記封止樹脂層の屈折率よりも大きいことが望ましい。

【0055】

また、光路用開口の端部にもマイクロレンズが配設されており、かつ、内部に光路用樹脂層が形成された光路用開口と、内部に光路用樹脂層が形成された光信号伝送用光路との厚さが略同一である場合には、光路用開口の端部に配設されたマイクロレンズの屈折率と、光信号伝送用光路の端部に配設されたマイクロレンズの屈折率とは、略同一であることが望ましい。

このような屈折率を有するマイクロレンズを配設することにより、所望の方向に光信号伝送用光路を集光することができるため、より確実に光信号の伝送を行うことができる。

【0056】

上記マイクロレンズとしては特に限定されず、光学レンズに使用されているものが挙げられ、その材質の具体例としては、光学ガラス、光学レンズ用樹脂等が挙げられる。

上記光学レンズ用樹脂としては、例えば、PMMA（ポリメチルメタクリレート）、重水素化PMMA、重水素フッ素化PMMA等のアクリル樹脂；フッ素化ポリイミド等のポリイミド樹脂；エポキシ樹脂；UV硬化性エポキシ樹脂；重水素化シリコン樹脂等のシリコン樹脂；ベンゾシクロブテンから製造されるポリマー等が挙げられる。

#### 【0057】

上記光信号伝送用光路の端部にマイクロレンズを配設する場合、透明な接着剤層を介して光信号伝送用光路の端部に配設すればよく、光信号伝送用光路の内部に光路用樹脂層が形成されている場合には、該光路用樹脂層に直接配設されていてもよい。

なお、光路用開口の端部にマイクロレンズを配設する場合も同様に、透明な接着剤層を介して光路用開口の端部に配設すればよく、光路用開口の内部に光路用樹脂層が形成されている場合には、該光路用樹脂層に直接配設されていてもよい。

#### 【0058】

上記マイクロレンズの取り付け位置は、ICチップ実装用基板に形成された光信号伝送用光路の封止樹脂層側（多層プリント配線板と対向する側）の端部が望ましいものの、ここに限定されるわけではなく、光信号伝送用光路の光学素子側の端部に取り付けられていてもよいし、光信号伝送用光路の両端部に取り付けられていてもよい。

上記マイクロレンズの形状は、図2に示したような凸形状のレンズに限定されるわけではなく、光信号を所望の方向に集光することができるものであればよい。

#### 【0059】

次に、本発明の光通信用デバイスの他の構成部材等について説明する。

本発明の光通信用デバイスを構成するICチップ実装用基板には、光学素子（受光素子、発光素子）が実装されている。

上記受光素子としては、例えば、PD（フォトダイオード）、APD（アバラン



シェフオトダイオード) 等が挙げられる。

これらは、上記光通信用デバイスの構成や、要求特性等を考慮して適宜使い分ければよい。

上記受光素子の材料としては、Si、Ge、InGaAs 等が挙げられる。

これらのなかでは、受光感度に優れる点から InGaAs が望ましい。

#### 【0060】

上記発光素子としては、例えば、LD (半導体レーザ)、DFB-LD (分布帰還型半導体レーザ)、LED (発光ダイオード) 等が挙げられる。

これらは、上記光通信用デバイスの構成や要求特性等を考慮して適宜使い分けられればよい。

#### 【0061】

上記発光素子の材料としては、ガリウム、砒素およびリンの化合物 (GaAsP)、ガリウム、アルミニウムおよび砒素の化合物 (GaAlAs)、ガリウムおよび砒素の化合物 (GaAs)、インジウム、ガリウムおよび砒素の化合物 (InGaAs)、インジウム、ガリウム、砒素およびリンの化合物 (InGaAsP) 等が挙げられる。

これらは、通信波長を考慮して使い分けられればよく、例えば、通信波長が  $0.85\mu\text{m}$  帯の場合には GaAlAs を使用することができ、通信波長が  $1.3\mu\text{m}$  帯や  $1.55\mu\text{m}$  帯の場合には、InGaAs や InGaAsP を使用することができる。

なお、ICチップ実装用基板に実装された光学素子は、その周囲が樹脂封止されていてもよい。また、上記実装された光学素子とソルダーレジスト層や光路用樹脂層との間が樹脂封止されていてもよく、この場合、樹脂封止は、例えば、封止樹脂層の材料と同様の材料を用いて行われていればよい。

#### 【0062】

また、本発明の光通信用デバイスを構成する ICチップ実装用基板には、光信号伝送用光路が形成されており、上記 ICチップ実装用基板に実装された光学素子と、上記多層プリント配線板に形成された光導波路との間で、上記光信号伝送用光路を介して、光信号を伝送することができる。

## 【0063】

上記光信号伝送用光路は、その内部に光路用樹脂層が形成されていることが望ましい。このように光路用樹脂層が形成されていることは、上述したように、封止樹脂層を形成するのに適しており、また、光学素子と光導波路との間にゴミや異物等が入り込むおそれがより少なくなるからである。

さらに、上記光信号伝送用光路の内部に光路用樹脂層が形成されている場合には、ICチップ実装用基板の強度も優れるものとなる。

なお、場合によっては、上記光信号伝送用光路の内部の一部または全部は、空隙により構成されていてもよい。

## 【0064】

また、光信号伝送用光路の内部に光路用樹脂層が形成されている場合、その樹脂成分は通信波長帯での吸収が少ないものであれば特に限定されず、具体例としては、例えば、上記封止樹脂層に用いる樹脂と同様のもの等が挙げられる。

また、上記光路用樹脂層には、上記樹脂成分以外に、樹脂粒子、無機粒子、金属粒子等の粒子が含まれていてもよい。これらの粒子を含ませることにより光信号伝送用光路と、基板、層間樹脂絶縁層、ソルダーレジスト層等の間で熱膨張係数の整合を図ることができる。

上記粒子の具体例としては、上記封止樹脂層に含まれる粒子と同様のもの等が挙げられる。

## 【0065】

また、上記光信号伝送用光路の形状は特に限定されず、例えば、円柱状、楕円柱状、四角柱状、多角柱状等が挙げられる。これらのなかでは、円柱状が望ましい。その形成が容易だからである。

## 【0066】

また、上記光信号伝送用光路の断面の径の望ましい下限は、 $100\mu\text{m}$ である。上記断面の径が $100\mu\text{m}$ 未満では、光路が塞がれてしまうおそれがあるとともに、該光信号伝送用光路の内部に光路用樹脂層を形成することが困難になることがあるからである。一方、上記断面の径の望ましい上限は、 $500\mu\text{m}$ である。 $500\mu\text{m}$ より大きくしても光信号の伝送性はあまり向上せず、ICチップ実装

用基板に形成する導体回路の設計の自由度を阻害する原因となることがあるからである。

上記断面の径は、光信号の伝送性と設計の自由度とがともにより優れるとともに、未硬化の樹脂組成物を充填する際にも不都合が発生しないという点から、そのより望ましい下限が $250\mu\text{m}$ であり、より望ましい上限が $350\mu\text{m}$ である。

なお、上記光信号伝送用光路の断面の径とは、上記光信号伝送用光路が円柱状の場合にはその断面の直径、楕円柱状の場合にはその断面の長径、四角柱状や多角柱状の場合にはその断面の最も長い部分の長さをいう。

#### 【0067】

上記光信号伝送用光路は、その壁面に導体層が形成されていることが望ましく、上記導体層は、1層から構成されていてもよく、2層以上から構成されていてもよい。

上記導体層の材料としては、例えば、銅、ニッケル、クロム、チタン、貴金属等が挙げられる。

また、上記導体層は、場合によっては、スルーホールとしての役目、すなわち、基板を挟んだ導体回路間や、基板と層間樹脂絶縁層とを挟んだ導体回路間を電氣的に接続する役目を果たすことができる。

また、上記導体層の材料は、金、銀、ニッケル、白金、アルミニウム、ロジウム等の光沢を有する金属であってもよい。このような光沢を有する金属を用いて形成された導体層では、光信号が好適に反射することとなる。

#### 【0068】

また、上記導体層の上に、さらに、スズ、チタン、亜鉛等からなる被覆層や粗化層を設けてもよい。上記被覆層や粗化層を設けることにより、光信号伝送用光路と光路用樹脂層との密着性を向上させたりすることができる。

#### 【0069】

また、上記光信号伝送用光路の内部に、導体層や光路用樹脂層が形成されている場合、これらは、基板や層間樹脂絶縁層と粗化面を介して接していてもよい。上記導体層が粗化面を介して接している場合には、基板や層間樹脂絶縁層との密着性に優れ、導体層等の剥離がより発生しにくくなるからである。

## 【0070】

また、本発明の光通信デバイスを構成する多層プリント配線板には、光導波路が形成されている。

上記光導波路としては、例えば、ポリマー材料等からなる有機系光導波路、石英ガラス、化合物半導体等からなる無機系光導波路等が挙げられる。これらのなかでは、ポリマー材料等からなる有機系光導波路が望ましい。層間樹脂絶縁層との密着性に優れ、加工が容易だからである。

## 【0071】

上記ポリマー材料としては、通信波長帯での吸収が少ないものであれば特に限定されず、例えば、熱硬化性樹脂、熱可塑性樹脂、感光性樹脂、熱硬化性樹脂の一部が感光性化された樹脂、熱硬化性樹脂と熱可塑性樹脂との複合体、感光性樹脂と熱可塑性樹脂との複合体等が挙げられる。

## 【0072】

具体的には、例えば、PMMA（ポリメチルメタクリレート）、重水素化PMMA、重水素フッ素化PMMA等のアクリル樹脂、フッ素化ポリイミド等のポリイミド樹脂、エポキシ樹脂、UV硬化性エポキシ樹脂、ポリオレフィン系樹脂、重水素化シリコン樹脂等のシリコン樹脂、ベンゾシクロブテンから製造されるポリマー等が挙げられる。

## 【0073】

上記光導波路には、上記樹脂成分以外に、例えば、樹脂粒子、無機粒子、金属粒子等の粒子が含まれていてもよい。

上記粒子の具体例としては、上記封止樹脂層に含まれる粒子と同様のもの等が挙げられる。

## 【0074】

また、上記粒子の形状は特に限定されず、例えば、球状、楕円球状、破碎状、多面体状等が挙げられる。これらのなかでは、球状、または、楕円球状が望ましい。球状や楕円球状の粒子には角がないため、光導波路にクラック等がより発生しにくいからである。

さらに、上記粒子の形状が球状または楕円球状である場合には、上記粒子で光が

反射しにくく、光信号の損失が低減されることとなる。

【0075】

また、上記粒子の粒径の望ましい下限は $0.01\mu\text{m}$ であり、より望ましい下限は $0.1\mu\text{m}$ である。一方、上記粒径の望ましい上限は $100\mu\text{m}$ であり、より望ましい上限は $50\mu\text{m}$ であり、特に、その上限は通信波長より短いことが望ましい。上記粒子の平均粒径が通信波長より短いと、より光信号の伝送が阻害されるおそれが少なくなるからである。

また、この範囲の粒径を有する粒子であれば、2種類以上の異なる粒径の粒子が含まれていてもよい。

【0076】

上記光導波路に含まれる粒子の配合量の望ましい下限は10重量%であり、より望ましい下限は20重量%である。一方、上記粒子の配合量の望ましい上限は80重量%であり、より望ましい上限は70重量%である。粒子の配合量が10重量%未満であると、粒子を配合させる効果が得られないことがあり、粒子の配合量が80重量%を超えると、光信号の伝送が阻害されることがあるからである。また、上記光導波路の形状は特に限定されないが、その形成が容易であることから、シート状が望ましい。

【0077】

このように光導波路に粒子が含まれる場合には、光導波路と、多層プリント配線板を構成する基板や層間樹脂絶縁層等との間で熱膨張係数の整合をはかることができ、熱膨張係数の差に起因するクラックや剥離等がより発生しにくくなる。

【0078】

また、上記光導波路の厚さは $1\sim 100\mu\text{m}$ が望ましく、その幅は $1\sim 100\mu\text{m}$ が望ましい。上記幅が $1\mu\text{m}$ 未満では、その形成が容易でないことがあり、一方、上記幅が $100\mu\text{m}$ を超えると、多層プリント配線板を構成する導体回路等の設計の自由度を阻害する原因となることがある。

【0079】

また、上記光導波路の厚さと幅との比は、1:1に近いほうが望ましい。これは、通常、上記受光素子の受光部や上記発光素子の発光部の平面形状が円形状だか

らである。なお、上記厚さと幅との比は特に限定されるものではなく、通常、約 1 : 2 ~ 約 2 : 1 程度であればよい。

さらに、上記光導波路が通信波長 1. 5 5  $\mu\text{m}$  のシングルモードの光導波路である場合には、その厚さおよび幅は 5 ~ 1 5  $\mu\text{m}$  であることが望ましく、上記光導波路が通信波長 0. 8 5  $\mu\text{m}$  でマルチモードの光導波路である場合には、その厚さおよび幅は 2 0 ~ 8 0  $\mu\text{m}$  であることが望ましい。

#### 【0080】

また、上記光導波路としては、受光用光導波路と発光用光導波路とが形成されていることが望ましい。なお、上記受光用光導波路とは、光ファイバ等を介して外部から送られてきた光信号を受光素子へ伝送するための光導波路をいい、上記発光用光導波路とは、発光素子から送られてきた光信号を光ファイバ等へ伝送するための光導波路をいう。

また、上記受光用光導波路と上記発光用光導波路とは同一の材料からなるものであることが望ましい。熱膨張係数等の整合がはかりやすく、形成が容易であるからである。

#### 【0081】

上記光導波路には、上述したように、光路変換ミラーが形成されていることが望ましい。光路変換ミラーを形成することにより、光路を所望の角度に変更することが可能だからである。

上記光路変換ミラーの形成は、後述するように、例えば、光導波路の一端を切削することにより行うことができる。

#### 【0082】

なお、図 1、2 に示す多層プリント配線板においては、ICチップ実装用基板と対向する側の最外層の層間樹脂絶縁層上に光導波路が形成されているが、本発明の光通信デバイスにおける光導波路の形成位置は、ここに限定されるわけではなく、層間樹脂絶縁層同士の間であってもよいし、基板と層間樹脂絶縁層との間であってもよい。さらには、ICチップ実装用基板と対向する側と基板を挟んだ反対側の最外層の層間樹脂絶縁層上や、層間樹脂絶縁層同士の間、基板と層間樹脂絶縁層との間等であってもよい。

## 【0083】

すなわち、光導波路は、図14に示す光通信用デバイスのように、多層プリント配線板のICチップ実装用基板と対向する側と基板を挟んだ反対側の最外層の層間樹脂絶縁層上に形成されていてもよい。

図14は、本発明の光通信用デバイスの一実施形態を模式的に示す断面図である。

図14に示す光通信用デバイス350もまた、図1に示す光通信用デバイス150と同様、ICチップ実装用基板320と多層プリント配線板300とから構成され、ICチップ実装用基板320と多層プリント配線板300とは、半田接続部337を介して電氣的に接続されている。

また、ICチップ実装用基板320と多層プリント配線板300との間には、封止樹脂層360が形成されている。

## 【0084】

ICチップ実装用基板320の構成は、図1に示したICチップ実装用基板120の構成と略同一である。

また、多層プリント配線板300は、基板301の両面に導体回路304と層間樹脂絶縁層302とが積層形成され、基板301を挟んだ導体回路同士、および、層間樹脂絶縁層302を挟んだ導体回路同士は、それぞれ、スルーホール309およびバイアホール307により電氣的に接続されている。さらに、多層プリント配線板の最外層には、半田バンプを備えたソルダーレジスト層314が形成されている。

また、多層プリント配線板300のICチップ実装用基板320と対向する側と基板301を挟んだ反対側の最外層の層間樹脂絶縁層上には、光路変換ミラー319を備えた光導波路318が形成されており、この光導波路318とICチップ実装用基板320に形成された光信号伝送用光路341との間で光信号の伝送を行うことができるように、基板301、層間樹脂絶縁層302およびICチップ実装用基板と対向する側のソルダーレジスト層314を貫通する光信号伝送用光路352が形成されている。

なお、光信号伝送用光路351は、その壁面に導体層355が形成され、その内

部に光路用樹脂層 3 5 2 が形成されているが、これらの導体層および光路用樹脂層は、必要に応じて形成すればよい。

このような構成からなる光通信用デバイスでは、多層プリント配線板 3 0 0 に形成された光信号伝送用光路 3 5 1 を介して光信号の伝送を行うことができる。

#### 【 0 0 8 5 】

また、図 1、2 および 1 4 に示す光通信用デバイスを構成する多層プリント配線板においては、最外層の層間樹脂絶縁層上に光導波路が形成され、さらに、この層間樹脂絶縁層および光導波路を覆うようにソルダーレジスト層が形成されているが、このソルダーレジスト層は、必ずしも形成されている必要はなく、例えば、最外層の層間樹脂絶縁層上全体に光導波路が形成され、この光導波路がソルダーレジスト層としての役割を果たしていてもよい。

このような構成からなる本発明の光通信用デバイスは、例えば、後述する本発明の光通信用デバイスの製造方法により製造することができる。

#### 【 0 0 8 6 】

次に、本発明の光通信用デバイスの製造方法について説明する。

本発明の光通信用デバイスの製造方法は、光信号伝送用光路が形成されるとともに、一の面に光学素子が実装された I C チップ実装用基板と、少なくとも光導波路が形成された多層プリント配線板とを別々に製造した後、

上記 I C チップ実装用基板の光学素子と上記多層プリント配線板の光導波路との間で、光信号の伝送ができる位置に両者を配置、固定し、

さらに、上記 I C チップ実装用基板と上記多層プリント配線板との間に封止用樹脂組成物を流し込んだ後、硬化処理を施すことにより封止樹脂層を形成することを特徴とする。

#### 【 0 0 8 7 】

本発明の光通信用デバイスの製造方法では、I C チップ実装用基板と多層プリント配線板とを所定の位置に配置、固定した後、両者の間に封止樹脂層を形成するため、光学素子と光導波路との間に、空気中を浮遊しているゴミや異物等が入り込むことがなく、光信号の伝送が阻害されることのない光通信用デバイスを好適に製造することができる。



## 【0088】

また、ICチップ実装用基板と多層プリント配線板との間に封止樹脂層を形成することにより、得られた光通信用デバイスにおいては、該封止樹脂層が上記ICチップ実装用基板と上記多層プリント配線板との間で熱膨張係数の差に起因して発生する応力を緩和する役目を果たすことができ、また、封止樹脂層を形成することにより光学素子や光導波路の位置ズレがより発生しにくくなる。

従って、本発明の製造方法では、信頼性に優れる光通信用デバイスを好適に製造することができる。

## 【0089】

上記光通信用デバイスの製造方法では、まず、ICチップ実装用基板と多層プリント配線板とを別々に製造する。

従って、ここでは、まず、ICチップ実装用基板の製造方法と、多層プリント配線板の製造方法とを別々に説明し、その後、封止樹脂層を形成する方法について説明することとする。

## 【0090】

まず、ICチップ実装用基板の製造方法について説明する。

(1) 絶縁性基板を出発材料とし、まず、該絶縁性基板上に導体回路を形成する。

上記絶縁性基板としては、例えば、ガラスエポキシ基板、ポリエステル基板、ポリイミド基板、ビスマレイミドトリアジン樹脂(BT樹脂)基板、熱硬化性ポリフェニレンエーテル基板、銅張積層板、RCC基板等が挙げられる。

また、窒化アルミニウム基板等のセラミック基板や、シリコン基板を用いてもよい。

上記導体回路は、例えば、上記絶縁性基板の表面に無電解めっき処理等によりベタの導体層を形成した後、エッチング処理を施すことにより形成することができる。また、銅張積層板やRCC基板にエッチング処理を施すことにより形成してもよい。

## 【0091】

また、上記絶縁性基板を挟んだ導体回路間の接続をスルーホールにより行う場合

には、例えば、上記絶縁性基板にドリルやレーザ等を用いて貫通孔を形成した後、無電解めっき処理等を施すことによりスルーホールを形成しておく。

また、スルーホールを形成した場合には、該スルーホール内に樹脂充填材を充填することが望ましい。

#### 【0092】

(2) 次に、必要に応じて、導体回路の表面に粗化形成処理を施す。

上記粗化形成処理としては、例えば、黒化（酸化）－還元処理、第二銅錯体と有機酸塩とを含むエッチング液等を用いたエッチング処理、Cu-Ni-P針状合金めっきによる処理等を挙げることができる。

なお、この粗化形成処理は、スルーホール内に樹脂充填材を充填する前に行い、スルーホールの壁面にも粗化面を形成してもよい。スルーホールと樹脂充填材との密着性が向上するからである。

#### 【0093】

(3) 次に、導体回路を形成した基板の上に、熱硬化性樹脂、感光性樹脂、熱硬化性樹脂の一部に感光性基が付与された樹脂や、これらと熱可塑性樹脂と含む樹脂複合体からなる未硬化の樹脂層を形成するか、または、熱可塑性樹脂からなる樹脂層を形成する。

上記未硬化の樹脂層は、未硬化の樹脂をロールコーター、カーテンコーター等により塗布したり、未硬化（半硬化）の樹脂フィルムを熱圧着したりすることにより形成することができる。

また、上記熱可塑性樹脂からなる樹脂層は、フィルム状に成形した樹脂成形体を熱圧着することにより形成することができる。

#### 【0094】

これらのなかでは、未硬化（半硬化）の樹脂フィルムを熱圧着する方法が望ましく、樹脂フィルムの圧着は、例えば、真空ラミネータ等を用いて行うことができる。

また、圧着条件は特に限定されず、樹脂フィルムの組成等を考慮して適宜選択すればよいが、通常は、圧力0.25～1.0MPa、温度40～70℃、真空度13～1300Pa、時間10～120秒程度の条件で行うことが望ましい。

## 【0095】

上記熱硬化性樹脂としては、例えば、エポキシ樹脂、フェノール樹脂、ポリイミド樹脂、ポリエステル樹脂、ビスマレイミド樹脂、ポリオレフィン系樹脂、ポリフェニレンエーテル樹脂、ポリフェニレン樹脂、フッ素樹脂等が挙げられる。

上記エポキシ樹脂の具体例としては、例えば、フェノールノボラック型、クレゾールノボラック型等のノボラック型エポキシ樹脂や、ジシクロペンタジエン変成した脂環式エポキシ樹脂等が挙げられる。

## 【0096】

上記感光性樹脂としては、例えば、アクリル樹脂等が挙げられる。

また、上記熱硬化性樹脂の一部に感光性基が付与された樹脂としては、例えば、上記した熱硬化性樹脂の熱硬化基とメタクリル酸やアクリル酸とをアクリル化反応させたもの等が挙げられる。

## 【0097】

上記熱可塑性樹脂としては、例えば、フェノキシ樹脂、ポリエーテルスルホン（PES）、ポリスルホン（PSF）、ポリフェニレンスルホン（PPS）、ポリフェニレンサルファイド（PPES）、ポリフェニレンエーテル（PPE）、ポリエーテルイミド（PI）等が挙げられる。

## 【0098】

また、上記樹脂複合体としては、熱硬化性樹脂や感光性樹脂（熱硬化性樹脂の一部に感光性基が付与された樹脂も含む）と熱可塑性樹脂とを含むものであれば特に限定されず、熱硬化性樹脂と熱可塑性樹脂との具体的な組み合わせとしては、例えば、フェノール樹脂／ポリエーテルスルホン、ポリイミド樹脂／ポリスルホン、エポキシ樹脂／ポリエーテルスルホン、エポキシ樹脂／フェノキシ樹脂等が挙げられる。また、感光性樹脂と熱可塑性樹脂との具体的な組み合わせとしては、例えば、アクリル樹脂／フェノキシ樹脂、エポキシ基の一部をアクリル化したエポキシ樹脂とポリエーテルスルホン等が挙げられる。

## 【0099】

また、上記樹脂複合体における熱硬化性樹脂や感光性樹脂と熱可塑性樹脂との配合比率は、熱硬化性樹脂または感光性樹脂／熱可塑性樹脂＝95／5～50／5

0が望ましい。耐熱性を損なうことなく、高い靱性値を確保することができるからである。

#### 【0100】

また、上記樹脂層は、2層以上の異なる樹脂層から構成されていてもよい。具体的には、例えば、下層が熱硬化性樹脂または感光性樹脂／熱可塑性樹脂＝50／50の樹脂複合体から形成され、上層が熱硬化性樹脂または感光性樹脂／熱可塑性樹脂＝90／10の樹脂複合体から形成されている等である。このような構成にすることにより、絶縁性基板との優れた密着性を確保するとともに、後工程でバイアホール用開口等を形成する際の形成容易性を確保することができる。

#### 【0101】

また、上記樹脂層は、粗化面形成用樹脂組成物を用いて形成してもよい。上記粗化面形成用樹脂組成物とは、例えば、酸、アルカリおよび酸化剤から選ばれる少なくとも1種からなる粗化液に対して難溶性の未硬化の耐熱性樹脂マトリックス中に、酸、アルカリおよび酸化剤から選ばれる少なくとも1種からなる粗化液に対して可溶性の物質が分散されたものである。なお、上記「難溶性」および「可溶性」という語は、同一の粗化液に同一時間浸漬した場合に、相対的に溶解速度の早いものを便宜上「可溶性」といい、相対的に溶解速度の遅いものを便宜上「難溶性」と呼ぶ。

#### 【0102】

上記耐熱性樹脂マトリックスとしては、層間樹脂絶縁層に上記粗化液を用いて粗化面を形成する際に、粗化面の形状を保持することができるものが好ましく、例えば、熱硬化性樹脂、熱可塑性樹脂、これらの複合体等が挙げられる。また、感光性樹脂を用いてもよい。なお、感光性樹脂を用いた場合には、層間樹脂絶縁層に露光、現像処理を用いてバイアホール用開口を形成することができる。

#### 【0103】

上記熱硬化性樹脂としては、例えば、エポキシ樹脂、フェノール樹脂、ポリイミド樹脂、ポリオレフィン樹脂、フッ素樹脂等が挙げられる。また、上記熱硬化性樹脂を感光化する場合は、メタクリル酸やアクリル酸等を用い、熱硬化基を（メ

タ) アクリル化反応させる。

#### 【0104】

上記エポキシ樹脂としては、例えば、クレゾールノボラック型エポキシ樹脂、ビスフェノールA型エポキシ樹脂、ビスフェノールF型エポキシ樹脂、フェノールノボラック型エポキシ樹脂、アルキルフェノールノボラック型エポキシ樹脂、ビスフェノールF型エポキシ樹脂、ナフタレン型エポキシ樹脂、ジシクロペンタジエン型エポキシ樹脂、フェノール類とフェノール性水酸基を有する芳香族アルデヒドとの縮合物のエポキシ化物、トリグリシジルイソシアヌレート、脂環式エポキシ樹脂等が挙げられる。これらは、単独で用いてもよく、2種以上併用してもよい。それにより、耐熱性等に優れるものとなる。

#### 【0105】

上記熱可塑性樹脂としては、例えば、フェノキシ樹脂、ポリエーテルスルホン、ポリスルホン、ポリフェニレンスルホン、ポリフェニレンサルファイド、ポリフェニルエーテル、ポリエーテルイミド等が挙げられる。これらは単独で用いてもよいし、2種以上併用してもよい。

#### 【0106】

上記酸、アルカリおよび酸化剤から選ばれる少なくとも1種からなる粗化液に対して可溶性の物質は、無機粒子、樹脂粒子および金属粒子から選ばれる少なくとも1種であることが望ましい。

#### 【0107】

上記無機粒子としては、例えば、アルミナ、水酸化アルミニウム等のアルミニウム化合物、炭酸カルシウム、水酸化カルシウム等のカルシウム化合物、炭酸カリウム等のカリウム化合物、マグネシア、ドロマイト、塩基性炭酸マグネシウム、タルク等のマグネシウム化合物、シリカ、ゼオライト等のケイ素化合物等からなるものが挙げられる。これらは単独で用いてもよいし、2種以上併用してもよい。

#### 【0108】

上記樹脂粒子としては、例えば、熱硬化性樹脂、熱可塑性樹脂等からなるものが挙げられ、酸、アルカリおよび酸化剤から選ばれる少なくとも1種からなる粗化

液に浸漬した場合に、上記耐熱性樹脂マトリックスよりも溶解速度の早いものであれば特に限定されず、具体的には、例えば、アミノ樹脂（メラミン樹脂、尿素樹脂、グアナミン樹脂等）、エポキシ樹脂、フェノール樹脂、フェノキシ樹脂、ポリイミド樹脂、ポリフェニレン樹脂、ポリオレフィン樹脂、フッ素樹脂、ビスマレイミドートリアジン樹脂等が挙げられる。これらは、単独で用いてもよく、2種以上併用してもよい。

なお、上記樹脂粒子は予め硬化処理されていることが必要である。硬化させておかないと上記樹脂粒子が樹脂マトリックスを溶解させる溶剤に溶解してしまうこととなるからである。

また、上記樹脂粒子としては、ゴム粒子や液相樹脂、液相ゴム等を用いてもよい。

#### 【0109】

上記金属粒子としては、例えば、金、銀、銅、スズ、亜鉛、ステンレス、アルミニウム、ニッケル、鉄、鉛等が挙げられる。これらは、単独で用いてもよく、2種以上併用してもよい。

また、上記金属粒子は、絶縁性を確保するために、表層が樹脂等により被覆されていてもよい。

#### 【0110】

上記可溶性の物質を、2種以上混合して用いる場合、混合する2種の可溶性の物質の組み合わせとしては、樹脂粒子と無機粒子との組み合わせが望ましい。両者とも導電性が低いため、層間樹脂絶縁層の絶縁性を確保することができるとともに、難溶性樹脂との間で熱膨張の調整が図りやすく、粗化面形成用樹脂組成物からなる層間樹脂絶縁層にクラックが発生せず、層間樹脂絶縁層と導体回路との間で剥離が発生しないからである。

#### 【0111】

上記粗化液として用いる酸としては、例えば、リン酸、塩酸、硫酸、硝酸や、蟻酸、酢酸等の有機酸等が挙げられるが、これらのなかでは有機酸を用いることが望ましい。粗化处理した場合に、バイアホールの底面から露出する導体回路を腐食させにくいからである。

上記酸化剤としては、例えば、クロム酸、クロム硫酸、アルカリ性過マンガン酸塩（過マンガン酸カリウム等）の水溶液等を用いることが望ましい。

また、上記アルカリとしては、水酸化ナトリウム、水酸化カリウム等の水溶液が望ましい。

#### 【0112】

上記可溶性の物質の平均粒径は、 $10\mu\text{m}$ 以下が望ましい。

また、平均粒径が $2\mu\text{m}$ 以下の平均粒径の相対的に大きな粗粒子と平均粒径が相対的に小さな微粒子とを組み合わせ使用してもよい。すなわち、平均粒径が $0.1\sim 0.5\mu\text{m}$ の可溶性の物質と平均粒径が $1\sim 2\mu\text{m}$ の可溶性の物質とを組み合わせる等である。

#### 【0113】

このように、平均粒子と相対的に大きな粗粒子と平均粒径が相対的に小さな微粒子とを組み合わせることにより、無電解めっき膜の溶解残渣をなくし、めっきレジスト下のパラジウム触媒量を少なくし、さらに、浅くて複雑な粗化面を形成することができる。

さらに、複雑な粗化面を形成することにより、粗化面の凹凸が小さくても実用的なピール強度を維持することができる。

上記粗粒子は平均粒径が $0.8\mu\text{m}$ を超え $2.0\mu\text{m}$ 未満であり、微粒子は平均粒径が $0.1\sim 0.8\mu\text{m}$ であることが望ましい。

#### 【0114】

(4) 次に、その材料として熱硬化性樹脂や樹脂複合体を用いた層間樹脂絶縁層を形成する場合には、未硬化の樹脂絶縁層に硬化処理を施すとともに、バイアホール用開口を形成し、層間樹脂絶縁層とする。また、この工程では、必要に応じて、貫通孔を形成してもよい。

上記バイアホール用開口は、レーザ処理により形成することが望ましい。また、層間樹脂絶縁層の材料として感光性樹脂を用いた場合には、露光現像処理により形成してもよい。

#### 【0115】

また、その材料として熱可塑性樹脂を用いた層間樹脂絶縁層を形成する場合には

、熱可塑性樹脂からなる樹脂層にバイアホール用開口を形成し、層間樹脂絶縁層とする。この場合、バイアホール用開口は、レーザ処理を施すことにより形成することができる。

また、この工程で貫通孔を形成する場合、該貫通孔は、ドリル加工やレーザ処理等により形成すればよい。

#### 【0116】

上記レーザ処理に使用するレーザとしては、例えば、炭酸ガスレーザ、紫外線レーザ、エキシマレーザ等が挙げられる。これらのなかでは、エキシマレーザや短パルスの炭酸ガスレーザが望ましい。

#### 【0117】

また、エキシマレーザのなかでも、ホログラム方式のエキシマレーザを用いることが望ましい。ホログラム方式とは、レーザ光をホログラム、集光レンズ、レーザマスク、転写レンズ等を介して目的物に照射する方式であり、この方式を用いることにより、一度の照射で樹脂フィルム層に多数の開口を効率的に形成することができる。

#### 【0118】

また、炭酸ガスレーザを用いる場合、そのパルス間隔は、 $10^{-4} \sim 10^{-8}$ 秒であることが望ましい。また、開口を形成するためのレーザを照射する時間は、 $10 \sim 500 \mu$ 秒であることが望ましい。

また、光学系レンズと、マスクとを介してレーザ光を照射することにより、一度に多数のバイアホール用開口を形成することができる。光学系レンズとマスクとを介することにより、同一強度で、かつ、照射強度が同一のレーザ光を複数の部分に照射することができるからである。

このようにしてバイアホール用開口を形成した後、必要に応じて、デスミア処理を施してもよい。

#### 【0119】

(5) 次に、バイアホール用開口の内壁を含む層間樹脂絶縁層の表面に、導体回路を形成する。

導体回路を形成するにあたっては、まず、層間樹脂絶縁層の表面に薄膜導体層を



形成する。

上記薄膜導体層は、無電解めっき、スパッタリング等の方法により形成することができる。

#### 【0120】

上記薄膜導体層の材質としては、例えば、銅、ニッケル、スズ、亜鉛、コバルト、タリウム、鉛等が挙げられる。

これらのなかでは、電気特性、経済性等に優れる点から銅や銅およびニッケルからなるものが望ましい。

また、上記薄膜導体層の厚さは、無電解めっきにより薄膜導体層を形成する場合には、望ましい下限が $0.3\mu\text{m}$ 、より望ましい下限が $0.6\mu\text{m}$ であり、望ましい上限が $2.0\mu\text{m}$ 、より望ましい上限が $1.2\mu\text{m}$ である。また、スパッタリングにより形成する場合には、 $0.1\sim 1.0\mu\text{m}$ が望ましい。

#### 【0121】

また、上記薄膜導体層を形成する前に、層間樹脂絶縁層の表面に粗化面を形成しておいてもよい。粗化面を形成することにより、層間樹脂絶縁層と薄膜導体層との密着性を向上させることができる。特に、粗化面形成用樹脂組成物を用いて層間樹脂絶縁層を形成した場合には、酸や酸化剤等を用いて粗化面を形成することが望ましい。

#### 【0122】

また、上記(4)の工程で貫通孔を形成した場合には、層間樹脂絶縁層上に薄膜導体層を形成する際に、貫通孔の壁面にも薄膜導体層を形成することによりスルーホールとしてもよい。

#### 【0123】

(6)次いで、その表面に薄膜導体層が形成された基板の上にめっきレジストを形成する。

上記めっきレジストは、例えば、感光性ドライフィルムを張り付けた後、めっきレジストパターンが描画されたガラス基板等からなるフォトマスクを密着配置し、露光現像処理を施すことにより形成することができる。

#### 【0124】

(7) その後、薄膜導体層をめっきリードとして電気めっきを行い、上記めっきレジスト非形成部に電気めっき層を形成する。上記電気めっきとしては、銅めっきが望ましい。

また、上記電気めっき層の厚さは、 $5 \sim 20 \mu\text{m}$ が望ましい。

#### 【0125】

その後、上記めっきレジストと該めっきレジスト下の無電解めっき膜および薄膜導体層とを除去することにより導体回路（バイアホールを含む）を形成することができる。

上記めっきレジストの除去は、例えば、アルカリ水溶液等を用いて行えばよく、上記薄膜導体層の除去は、硫酸と過酸化水素との混合液、過硫酸ナトリウム、過硫酸アンモニウム、塩化第二鉄、塩化第二銅等のエッチング液を用いて行えばよい。

また、上記導体回路を形成した後、必要に応じて、層間樹脂絶縁層上の触媒を酸や酸化剤を用いて除去してもよい。電気特性の低下を防止することができるからである。

#### 【0126】

なお、ここに記載した導体回路の形成方法は、アディティブ法であるが、本発明の製造方法における導体回路の形成方法は、アディティブ法に限定されるわけではなく、例えば、サブトラクティブ法であってもよい。

以下、サブトラクティブ法により導体回路を形成する方法について簡単に説明する。

#### 【0127】

すなわち、まず、バイアホール用開口を有する層間樹脂絶縁層を形成した後、さらに、上記(5)の工程と同様にして、バイアホール用開口の壁面を含む層間樹脂絶縁層の表面に薄膜導体層を形成する。

#### 【0128】

次に、上記薄膜導体層上の全面に電気めっき層等を形成することにより導体層の厚さを厚くする。なお、電気めっき層等の形成は、必要に応じて行えばよい。

次いで、上記導体層上にエッチングレジストを形成する。

上記エッチングレジストは、例えば、感光性ドライフィルムを張り付けた後、該感光性ドライフィルム上にフォトマスクを密着配置し、露光現像処理を施すことにより形成する。

#### 【0129】

さらに、上記エッチングレジスト非形成部下の導体層をエッチング処理により除去し、その後、エッチングレジストを剥離することにより層間樹脂絶縁層上に独立した導体回路（バイアホールを含む）を形成する。

なお、上記エッチング処理は、例えば、硫酸と過酸化水素との混合液、過硫酸ナトリウム、過硫酸アンモニウム、塩化第二鉄、塩化第二銅等のエッチング液を用いて行うことができ、エッチングレジストの剥離は、アルカリ水溶液等を用いて行うことができる。

このような方法を用いた場合にも、層間樹脂絶縁層上に導体回路を形成することができる。

#### 【0130】

なお、導体回路の形成方法として、アディティブ法を選択するか、サブトラクティブ法を選択するかは、導体回路の幅や間隔、実装するICチップや光学素子、その他の各種電子部品等の接続端子の数やピッチ等を考慮して適宜選択すればよい。

#### 【0131】

また、上記（４）および（５）の工程においてスルーホールを形成した場合には、該スルーホール内に樹脂充填材を充填してもよい。

また、スルーホール内に樹脂充填材を充填した場合、必要に応じて、無電解めっきを行うことにより樹脂充填材層の表層部を覆う蓋めっき層を形成してもよい。

#### 【0132】

（８）次に、蓋めっき層を形成した場合には、必要に応じて、該蓋めっき層の表面に粗化処理を行い、さらに、（３）および（４）の工程を繰り返すことにより最外層の層間樹脂絶縁層を形成することができる。

#### 【0133】

（９）その後、必要に応じて、（３）～（８）の工程を繰り返すことにより、そ

の両面に導体回路と層間樹脂絶縁層とを積層形成する。なお、この工程では、スルーホールを形成してもよいし、形成しなくてもよい。

このような(1)～(9)の工程を行うことにより、基板の両面に導体回路と層間樹脂絶縁層とが積層形成された多層配線板を製造することができる。

#### 【0134】

(10)次に、上記多層配線板を貫通する貫通孔を形成する。ここで形成する貫通孔は、後工程を経て、ICチップ実装用基板における光信号伝送用光路となる。従って、この工程で形成する貫通孔を、以下、光路用貫通孔という。

#### 【0135】

上記光路用貫通孔の形成は、例えば、ドリル加工やレーザ処理等により行う。

上記レーザ処理において使用するレーザとしては、上記バイアホール用開口の形成や上記半田バンプ形成用開口の形成において使用するレーザと同様のもの等が挙げられる。

上記光路用貫通孔の形成位置は特に限定されず、導体回路の設計、光学素子、ICチップの実装位置等を考慮して適宜選択すればよい。

また、上記光路用貫通孔は、受光素子や発光素子等の光学素子ごとに形成することが望ましい。また、信号波長ごとに形成してもよい。

#### 【0136】

また、光路用貫通孔を形成した後、必要に応じて、デスミア処理を行ってもよい。

上記デスミア処理は、例えば、過マンガン酸溶液による処理や、プラズマ処理、コロナ処理等を用いて行うことができる。なお、上記デスミア処理を行うことにより、光路用貫通孔内の樹脂残り、バリ等を除去することができ、光信号伝送用光路の壁面での乱反射に起因した伝送損失を低下させることができる。

#### 【0137】

また、光路用貫通孔形成後、下記工程で、その壁面に導体層を形成したり、その内部に未硬化の樹脂組成物を充填したりする前に、必要に応じて、光路用貫通孔の壁面に粗化面を形成してもよい。粗化面を形成することにより、導体層や樹脂組成物との密着性の向上をはかることができるからである。

上記粗化面の形成は、例えば、硫酸、塩酸、硝酸等の酸；クロム酸、クロム硫酸、過マンガン酸塩等の酸化剤等により、基板や層間樹脂絶縁層等の光路用貫通孔を形成した際に露出した部分を溶解することにより行うことができる。また、プラズマ処理やコロナ処理等により行うこともできる。

#### 【0138】

また、光路用貫通孔を形成した後は、該光路用貫通孔の壁面に導体層を形成することが望ましい。

上記導体層の形成は、例えば、無電解めっき、スパッタリング等の方法により行うことができる。

具体的には、例えば、光路用貫通孔を形成した後、該光路用貫通孔の壁面に触媒核を付与し、その後、光路用貫通孔が形成された基板を無電解めっき浴に浸漬する方法等を用いることができる。

また、無電解めっきやスパッタリングを組み合わせて2層以上からなる導体層を形成してもよいし、無電解めっきやスパッタリングの後、電解めっきを行って2層以上からなる導体層を形成してもよい。

#### 【0139】

また、この工程では、光路用貫通孔の壁面に導体層を形成するとともに、上記多層配線板の最外層の層間樹脂絶縁層上に、最外層の導体回路を形成することが望ましい。

具体的には、まず、無電解めっき等により光路用貫通孔の壁面に導体層を形成する際に、層間樹脂絶縁層の表面全体にも導体層を形成する。

#### 【0140】

次に、この層間樹脂絶縁層表面に形成した導体層上にめっきレジストを形成する。めっきレジストの形成は、例えば、上記（6）の工程で行った方法と同様の方法等により行えばよい。

#### 【0141】

さらに、上記層間樹脂絶縁層上に形成した導体層をめっきリードとして電解めっきを行い、上記めっきレジスト非形成部に電気めっき層を形成し、その後、めっきレジストと該めっきレジスト下の導体層を除去することにより層間樹脂絶縁層

上に独立した導体回路を形成する。

【0142】

また、上記導体層を形成した後、上記導体層の壁面に粗化面を形成してもよい。上記粗化面の形成は、例えば、上記（2）の工程で行った方法と同様の方法等により行えばよい。

【0143】

また、上記光路用貫通孔を形成した後（必要に応じて、その壁面に導体層を形成した後）には、この光路用貫通孔内に未硬化の樹脂組成物を充填することが望ましい。未硬化の樹脂組成物を充填した後、硬化処理を施すことにより、その内部に光路用樹脂層が形成された光信号伝送用光路とすることができる。

未硬化の樹脂組成物を充填する方法としては特に限定されず、例えば、印刷やポッティング等の方法を用いることができる。

なお、未硬化の樹脂組成物の充填を印刷により行う場合、該樹脂組成物は1回で充填してもよいし、2回以上に分けて印刷してもよい。また、多層配線板の両側から印刷を行ってもよい。

【0144】

また、未硬化の樹脂組成物の充填を行う際には、上記光路用貫通孔の内積よりも少し多い量の未硬化の樹脂組成物を充填し、充填終了後、光路用貫通孔から溢れた余分な樹脂組成物を除去してもよい。

上記余分な樹脂組成物の除去は、例えば、研磨等により行うことができる。また、余分な樹脂組成物を除去する場合、樹脂組成物の状態は半硬化状態であってもよいし、完全に硬化した状態であってもよく、樹脂組成物の材料等を考慮して適宜選択すればよい。

【0145】

このような処理を行うことにより、上記多層配線板を貫通する光信号伝送用光路を形成することができる。

上記光路用貫通孔の壁面に導体層を形成する際に、層間樹脂絶縁層の表面にも導体層を形成し、上述した処理を行うことにより独立した導体回路を形成することができる。勿論、上記導体層を形成しない場合であっても、上述した方法により

層間樹脂絶縁層上に独立した導体回路を形成すればよい。

【0146】

(11) 次に、導体回路と層間樹脂絶縁層とを形成した基板の最外層にソルダーレジスト層を形成する。

上記ソルダーレジスト層は、例えば、ポリフェニレンエーテル樹脂、ポリオレフィン樹脂、フッ素樹脂、熱可塑性エラストマー、エポキシ樹脂、ポリイミド樹脂等からなるソルダーレジスト組成物を用いて形成することができる。

【0147】

また、上記以外のソルダーレジスト組成物としては、例えば、ノボラック型エポキシ樹脂の(メタ)アクリレート、イミダゾール硬化剤、2官能性(メタ)アクリル酸エステルモノマー、分子量500～5000程度の(メタ)アクリル酸エステルの重合体、ビスフェノール型エポキシ樹脂等からなる熱硬化性樹脂、多価アクリル系モノマー等の感光性モノマー、グリコールエーテル系溶剤などを含むペースト状の流動体が挙げられ、その粘度は25℃で1～10Pa・sに調整されていることが望ましい。また、市販のソルダーレジスト組成物を用いてもよい。

また、この工程では、上記ソルダーレジスト組成物からなるフィルムを圧着してソルダーレジスト組成物の層を形成してもよい。

【0148】

(12) 次に、上記ソルダーレジスト組成物の層に、上記光路用貫通孔に連通した開口(以下、光路用開口ともいう)を形成し、ソルダーレジスト層とする。具体的には、例えば、バイアホール用開口を形成する方法と同様の方法、すなわち、露光現像処理やレーザ処理等により形成する。

また、上記光路用開口を形成する際には、同時に、半田パンプ形成用開口(ICチップや光学素子を実装するための開口や、多層プリント配線板と接続するための開口)を形成することが望ましい。なお、上記光路用開口の形成と、上記半田パンプ形成用開口の形成とは、別々に行ってもよい。

【0149】

また、ソルダーレジスト層を形成する際に、予め、所望の位置に開口を有する樹

脂フィルムを作製し、該樹脂フィルムを張り付けることにより、光路用開口と半田パンプ形成用開口とを有するソルダーレジスト層を形成してもよい。

このような(11)および(12)の工程を経ることにより、光路用貫通孔を形成した多層配線板上に、該光路用貫通孔と連通した開口を有するソルダーレジスト層を形成することができる。

なお、上記光路用開口の径は、上記光路用貫通孔の径と同一であってもよいし、上記光路用貫通孔の径よりも小さくてもよい。

#### 【0150】

また、上記(10)の工程で光路用貫通孔内に光路用樹脂層を形成した場合には、この工程でも、光路用開口内に未硬化の樹脂組成物に充填し、その後、硬化処理を施すことにより光路用樹脂層を形成することが望ましい。

この工程においても光路用樹脂層を形成することにより、光信号伝送用光路の内部全体に光路用樹脂層が形成されることとなる。

また、上記光路用開口内に充填する未硬化の樹脂組成物としては、上記(10)の工程で、光路用貫通孔内に充填する未硬化の樹脂組成物と同一のものであることが望ましい。

#### 【0151】

また、その内部全体に光路用樹脂層が形成された光信号伝送用光路を形成する場合には、上記(10)の工程において、未硬化の樹脂組成物の充填を行わず、この工程において、光路用貫通孔内およびこれに連通した光路用開口内に未硬化の樹脂組成物を充填し、その後、硬化処理を施すことにより、その内部全体に光路用樹脂層が形成された光信号伝送用光路としてもよい。

#### 【0152】

また、上記(10)の工程において、光路用貫通孔に未硬化の樹脂組成物を充填した後、この樹脂組成物を半硬化させ、その後、上述した方法で光路用開口を有するソルダーレジスト層の形成を行ない、さらに、上記光路用開口内に未硬化の樹脂組成物を充填した後、光路用貫通孔内の樹脂組成物および光路用開口内の樹脂組成物に同時に硬化処理を施すことにより、光路用樹脂層を形成してもよい。

#### 【0153】



(13) 次に、必要に応じて、光信号伝送用光路の端部にマイクロレンズを配設する。

上記光信号伝送用光路の端部にマイクロレンズを配設するには、溶剤レジスト層上に形成した接着剤層を介して光信号伝送用光路の端部に配設すればよいが、特に、光信号伝送用光路の内部に光路用樹脂層が形成されている場合には、該光路用樹脂層上に直接配設したり、透明な接着剤層を介して配設したりしてもよい。

#### 【0154】

上記光路用樹脂層上にマイクロレンズを直接配設する方法としては、例えば、未硬化の光学レンズ用樹脂を光路用樹脂層上に適量滴下し、この滴下した未硬化の光学レンズ用樹脂に硬化処理を施す方法等が挙げられる。

上記未硬化の光学レンズ用樹脂を光路用樹脂層上に適量滴下する際には、ディスペンサー、インクジェット、マイクロピペット、マイクロシリンジ等の装置を用いることができる。

このような装置を用いて光路用樹脂層上に滴下した未硬化の光学レンズ用樹脂は、その表面張力により球形になろうとするため、上記光路用樹脂層上で半球状となり、その後、半球状の未硬化の光学レンズ用樹脂に硬化処理を施すことで、光路用樹脂層上に半球状のマイクロレンズ（凸形状のレンズ）を配設することができる。

なお、上述した方法により形成するマイクロレンズの直径や曲面の形状等は、樹脂組成物と未硬化の光学レンズ用樹脂との濡れ性を考慮しながら、適宜未硬化の光学レンズ用樹脂の粘度等を調整することで制御することができる。

#### 【0155】

(14) 次に、上記半田パンプ形成用開口を形成することにより露出した導体回路部分を、必要に応じて、ニッケル、パラジウム、金、銀、白金等の耐食性金属により被覆し、半田パッドとする。これらのなかでは、ニッケル-金、ニッケル-銀、ニッケル-パラジウム、ニッケル-パラジウム-金等の金属により被覆層を形成することが望ましい。

上記被覆層は、例えば、めっき、蒸着、電着等により形成することができるが、

これらのなかでは、被覆層の均一性に優れるという点からめっきにより形成することが望ましい。

【0156】

(15) 次に、ICチップを実装するための開口（ICチップ実装用開口）や、多層プリント配線板と接続するための開口（多層プリント配線板接続用開口）に相当する部分に開口部が形成されたマスクを介して、上記半田パッドに半田ペーストを充填した後、リフローすることにより半田バンプを形成する。

このような半田バンプを形成することにより、該半田バンプを介してICチップを実装したり、多層プリント配線板を接続したりすることが可能となる。なお、この半田バンプは、必要に応じて形成すればよく、半田バンプを形成しない場合であっても、実装するICチップや接続する多層プリント配線板のバンプを介して、これらとICチップ実装用基板とを電氣的に接続することができる。

【0157】

(16) さらに、ソルダーレジスト層に光学素子（受光素子および発光素子）を実装する。光学素子の実装は、例えば、上記(15)の工程で光学素子を実装するための開口（光学素子実装用開口）にも半田ペーストを充填しておき、さらに、リフローを行う際に、上記光学素子を取り付けることにより半田を介して実装すればよい。

また、半田ペーストに代えて、導電性接着剤等を用いて光学素子を実装してもよい。

このような工程を経ることにより、本発明の光通信用デバイスを構成するICチップ実装用基板を製造することができる。

【0158】

次に、多層プリント配線板の製造方法について説明する。

(1) まず、上記ICチップ実装用基板の製造方法の(1)～(2)の工程と同様にして、基板の両面に導体回路を形成するとともに、基板を挟んだ導体回路間を接続するスルーホールを形成する。また、この工程でも、導体回路の表面やスルーホールの壁面に、必要に応じて、粗化面を形成する。

【0159】

(2) 次に、必要に応じて、導体回路を形成した基板上に層間樹脂絶縁層と導体回路とを積層形成する。

具体的には、上記 IC チップ実装用基板の製造方法の (3) ~ (8) の工程と同様の方法を用いて、層間樹脂絶縁層と導体回路とを積層形成すればよい。

この工程においても、IC チップ実装用基板を製造する場合と同様、基板と層間樹脂絶縁層とを貫通するスルーホールを形成したり、蓋めっき層を形成したりしてもよい。

なお、この (2) の工程、すなわち、層間樹脂絶縁層と導体回路とを積層する工程は、1 回のみ行ってもよいし、複数回行ってもよい。

また、この工程で層間樹脂絶縁層上に導体回路を形成する方法としては、IC チップ実装用基板を製造する場合と同様、サブトラクティブ法を用いてもよい。

【0160】

(3) 次に、IC チップ実装用基板と対向する側の基板上、または、層間樹脂絶縁層上の導体回路非形成部に光導波路を形成する。

上記光導波路の形成は、その材料に石英ガラス等の無機材料を用いて行う場合、予め、所定の形状に成形しておいた光導波路を接着剤を介して取り付けることにより行うことができる。

また、上記無機材料からなる光導波路は、例えば、 $\text{LiNbO}_3$ 、 $\text{LiTaO}_3$  等の無機材料を液相エピタキシャル法、化学堆積法 (CVD)、分子線エピタキシャル法等により成膜させることにより形成することができる。

【0161】

また、ポリマー材料からなる光導波路を形成する方法としては、例えば、①予め離型フィルム上等にフィルム状に成形しておいた光導波路形成用フィルムを層間樹脂絶縁層上に張り付ける方法や、②層間樹脂絶縁層上に下部クラッド、コア、上部クラッドを順次積層形成していくことにより、上記層間樹脂絶縁層上に直接光導波路を形成する方法等が挙げられる。

なお、光導波路の形成方法としては、離型フィルム上に光導波路を形成する場合も、層間樹脂絶縁層上に光導波路を形成する場合も同様の方法を用いて行うことができる。

具体的には、例えば、反応性イオンエッチングを用いた方法、露光現像法、金型形成法、レジスト形成法、これらを組み合わせた方法等を用いることができる。

#### 【0162】

上記反応性イオンエッチングを用いた方法では、(i) まず、離型フィルムや層間樹脂絶縁層等（以下、単に離型フィルム等という）の上に下部クラッドを形成し、(ii) 次に、この下部クラッド上にコア用樹脂組成物を塗布し、さらに、必要に応じて、硬化処理を施すことによりコア形成用樹脂層とする。(iii) 次に、上記コア形成用樹脂層上に、マスク形成用の樹脂層を形成し、次いで、このマスク形成用の樹脂層に露光現像処理を施すことにより、コア形成用樹脂層上にマスク（エッチングレジスト）を形成する。

#### 【0163】

(iv) 次に、コア形成用樹脂層に反応性イオンエッチングを施すことにより、マスク非形成部分のコア形成用樹脂層を除去し、下部クラッド上にコアを形成する。(v) 最後に、上記コアを覆うように下部クラッド上に上部クラッドを形成し、光導波路とする。

この反応性イオンエッチングを用いた方法は、寸法信頼性に優れた光導波路を形成することができる。また、この方法は、再現性にも優れている。

#### 【0164】

また、露光現像法では、(i) まず、離型フィルム等の上に下部クラッドを形成し、(ii) 次に、この下部クラッド上にコア用樹脂組成物を塗布し、さらに、必要に応じて、半硬化処理を施すことによりコア形成用樹脂組成物の層を形成する。

#### 【0165】

(iii) 次に、上記コア形成用樹脂組成物の層上に、コア形成部分に対応したパターンが描画されたマスクを載置し、その後、露光現像処理を施すことにより、下部クラッド上にコアを形成する。(iv) 最後に、上記コアを覆うように下部クラッド上に上部クラッドを形成し、光導波路とする。

この露光現像法は、工程数が少ないため、光導波路を量産する際に好適に用いることができ、また、加熱工程が少ないため、光導波路に応力が発生しにくい。

## 【0166】

また、上記金型形成法では、(i) まず、離型フィルム等の上に下部クラッドを形成し、(ii) 次に、下部クラッドに金型形成によりコア形成用の溝を形成する。(iii) さらに、上記溝内にコア用樹脂組成物を印刷により充填し、その後、硬化処理を施すことによりコアを形成する。(iv) 最後に、上記コアを覆うように下部クラッド上に上部クラッドを形成し、光導波路とする。

この金型形成法は、光導波路を量産する際に好適に用いることができ、寸法信頼性に優れた光導波路を形成することができる。また、この方法は、再現性にも優れている。

## 【0167】

また、上記レジスト形成法では、(i) まず、離型フィルム等の上に下部クラッドを形成し、(ii) さらに、この下部クラッド上にレジスト用樹脂組成物を塗布した後、露光現像処理を施すことにより、上記下部クラッド上のコア非形成部分に、コア形成用レジスト形成する。

## 【0168】

(iii) 次に、下部クラッド上のレジスト非形成部分にコア用樹脂組成物の塗布し、(iv) さらに、コア用樹脂組成物を硬化した後、上記コア形成用レジストを剥離することにより、下部クラッド上にコアを形成する。(v) 最後に、上記コアを覆うように下部クラッド上に上部クラッドを形成し、光導波路とする。

このレジスト形成法は、この金型形成法は、光導波路を量産する際に好適に用いることができ、寸法信頼性に優れた光導波路を形成することができる。また、この方法は、再現性にも優れている。

## 【0169】

また、上記光導波路には、光路変換ミラーを形成する。

上記光路変換ミラーは、光導波路を層間樹脂絶縁層上に取り付ける前に形成しておいてもよいし、層間樹脂絶縁層上に取り付けた後に形成してもよいが、該光導波路を層間樹脂絶縁層上に直接形成する場合を除いて、予め光路変換ミラーを形成しておくことが望ましい。作業を容易に行うことができ、また、作業時に多層プリント配線板を構成する他の部材、例えば、基板や導体回路、層間樹脂絶縁層

等に傷を付いたり、これらを破損させたりするおそれがないからである。

#### 【0170】

上記光路変換ミラーを形成する方法としては特に限定されず、従来公知の形成方法を用いることができる。具体的には、先端がV形90°のダイヤモンドソーや刃物による機械加工、反応性イオンエッチングによる加工、レーザアブレーション等を用いることができる。

なお、ここでは、ICチップ実装用基板に対向する側の基板上または最外層の層間樹脂絶縁層上に光導波路を形成する方法について説明したが、上記多層プリント配線板を製造する場合には、上記光導波路は、基板と層間樹脂絶縁層との間や、層間樹脂絶縁層同士の間形成する場合もある。

#### 【0171】

基板と層間樹脂絶縁層との間に光導波路を形成する場合には、上記(1)の工程で、その両面に導体回路が形成された基板を作製した後、上記(3)の工程と同様の方法で基板上の導体回路非形成部分に光導波路を形成し、その後、上記(2)の工程と同様の方法で層間樹脂絶縁層を形成することにより、上記した位置に光導波路を形成することができる。

#### 【0172】

また、層間樹脂絶縁層同士の間形成する場合には、上記(1)および(2)の工程と同様にして導体回路が形成された基板上に少なくとも1層の層間樹脂絶縁層を積層形成した後、上記(3)の工程と同様にして層間樹脂絶縁層上に光導波路を形成し、その後、さらに、上記(2)の工程と同様の工程を繰り返すことにより、層間樹脂絶縁層同士の間形成する光導波路を形成することができる。

#### 【0173】

さらに、本発明の光通信デバイスを構成する多層プリント配線板においては、ICチップ実装用基板に対向する側と基板を挟んだ反対側に光導波路が形成されていてもよく、このような位置に光導波路が形成された多層プリント配線板を製造する場合には、上記光導波路と、上記ICチップ実装用基板に実装された光学素子との間で光信号の伝送を行うことができるように、少なくとも基板を貫通する光信号伝送用光路を形成する必要があるが、このような光信号伝送用光路は、

光導波路を形成する前に、または、光導波路を形成した後に適宜形成すればよい。

#### 【0174】

具体的には、例えば、上記（１）および（２）の工程を経ることにより、多層配線板を作製した後、光導波路を形成する前に、ＩＣチップ実装用基板の製造方法の（１０）の工程と同様の方法を用いて、光路用貫通孔を形成し、その後、上記光路用貫通孔を介してＩＣチップ実装用基板との間で光信号を伝送することができる位置に、上述した方法で光導波路を形成し、さらに、後述する工程を経て多層プリント配線板とすればよい。なお、上記光路用貫通孔を形成した後は、必要に応じて、その内部や壁面に光路用樹脂層や導体層を形成してもよい。

#### 【0175】

（４）次に、光導波路を形成した基板の最外層にソルダーレジスト層を形成する。

上記ソルダーレジスト層は、例えば、上記ＩＣチップ実装用基板のソルダーレジスト層を形成する際に用いた樹脂組成物と同様の樹脂組成物を用いて形成することができる。

なお、場合によっては、上記（３）の工程で基板の最外層全体に光導波路を形成し、光導波路がソルダーレジスト層としての役割を果たすようにしてもよい。

#### 【0176】

（５）次に、ＩＣチップ実装用基板と対向する側のソルダーレジスト層に半田バンプ形成用開口（ＩＣチップ実装用基板や各種表面実装型電子部品を実装するための開口）と光路用開口とを形成する。

上記半田バンプ形成用開口と光路用開口との形成は、ＩＣチップ実装用基板に半田バンプ形成用開口を形成する方法と同様の方法、すなわち、露光現像処理やレーザー処理等を用いて行うことができる。

なお、上記半田バンプ形成用開口の形成と、光路用開口の形成とは同時に行ってもよいし、別々に行ってもよい。

#### 【0177】

これらのなかでは、ソルダーレジスト層を形成する際に、その材料として感光性

樹脂を含む樹脂組成物を塗布し、露光現像処理を施すことにより半田バンプ形成用開口と光路用開口とを形成する方法を選択することが望ましい。

露光現像処理により光路用開口を形成する場合には、開口形成時に、該光路用開口の下に存在する光導波路に傷を付けるおそれがないからである。

また、ソルダーレジスト層を形成する際に、予め、所望の位置に開口を有する樹脂フィルムを作製し、該樹脂フィルムを張り付けることにより、半田バンプ形成用開口と光路用開口とを有するソルダーレジスト層を形成してもよい。

なお、光路用貫通孔を形成し、ICチップ実装用基板と対向する側と基板を挟んだ反対側に光導波路を形成する場合には、この工程で光路用開口を形成する際に、光路用開口を上記光路用貫通孔と連通するように形成する。

#### 【0178】

また、必要に応じて、ICチップ実装用基板と対向する面と反対側のソルダーレジスト層にも半田バンプ形成用開口を形成してもよい。

後工程を経ることにより、ICチップ実装用基板と対向する面と反対側のソルダーレジスト層にも外部接続端子を形成することができるからである。

#### 【0179】

(6) 次に、上記半田バンプ形成用開口を形成することにより露出した導体回路部分を、必要に応じて、ニッケル、パラジウム、金、銀、白金等の耐食性金属により被覆し、半田パッドとする。具体的には、ICチップ実装用基板の製造方法の(14)の工程と同様の方法を用いて行えばよい。

#### 【0180】

(7) 次に、必要に応じて、上記(5)の工程で形成した光路用開口内に、未硬化の樹脂組成物を充填し、その後、硬化処理を施すことにより光路用樹脂層を形成する。

なお、この工程で充填する未硬化の樹脂組成物は、ICチップ実装用基板の製造工程で、光路用貫通孔および光路用開口に充填する樹脂組成物と同一のものであることが望ましい。

また、上述したように、ICチップ実装用基板と対向する側と基板を挟んだ反対側に光導波路を形成するために、光路用貫通孔と光路用開口とを形成した場合に



も、該光路用貫通孔と該光路用開口とに未硬化の樹脂組成物を充填してもよく、この場合、未硬化の樹脂組成物を充填する方法としては、ICチップ実装用基板を製造する際に用いる方法と同様の方法を用いればよい。

#### 【0181】

(8) 次に、上記半田パッドに相当する部分に開口部が形成されたマスクを介して、上記半田パッドに半田ペーストを充填した後、リフローすることにより半田バンプを形成する。

このような半田バンプを形成することにより、該半田バンプを介してICチップ実装用基板や各種表面実装型電子部品を実装することが可能となる。なお、この半田バンプは、必要に応じて形成すればよく、半田バンプを形成しない場合であっても、実装するICチップ実装用基板や各種表面実装型電子部品のバンプを介してこれらを実装することができる。

また、ICチップ実装用基板と対向する面と反対側のソルダーレジスト層では、特に、外部接続端子を形成しなくてもよいし、必要に応じて、ピンを配設したり、半田ボールを形成したりすることにより、PGA (Pin Grid Array) やBGA (Ball Grid Array)としてもよい。

このような工程を経ることにより、本発明の光通信用デバイスを構成するICチップ実装用基板を製造することができる。

#### 【0182】

本発明の光通信用デバイスの製造方法では、次に、ICチップ実装用基板の光学素子と多層プリント配線板の光導波路との間で、ICチップ実装用基板に形成した光信号伝送用光路を介して光信号の伝送ができる位置に両者を配置、固定する。

ここでは、ICチップ実装用基板と多層プリント配線板とを対向配置した後、上記ICチップ実装用基板の半田バンプと、上記多層プリント配線板の半田バンプとにより半田接続部を形成し、両者を電氣的に接続するとともに、両者を固定する。すなわち、ICチップ実装用基板と多層プリント配線板とをそれぞれ所定の位置に、所定の向きで対向配置し、リフローすることにより両者を接続する。

なお、上述したように、ICチップ実装用基板と多層プリント配線板との両者を

固定するための半田バンプは、両者のどちらか一方にのみ形成されていてもよい。

【0183】

また、この工程では、ICチップ実装用基板と多層プリント配線板とを両者の半田バンプを用いて接続するため、両者を対向配置した際に、両者の間で若干の位置ズレが存在していても、リフロー時に半田の有するセルフアライメント効果により両者を所定の位置に配置することができる。

【0184】

次に、上記ICチップ実装用基板と上記多層プリント配線板との間に、封止用樹脂組成物を流し込み、その後、硬化処理を施すことにより封止樹脂層を形成する。

上記封止用樹脂組成物としては、上述したPMMA（ポリメチルメタクリレート）、重水素化PMMA、重水素フッ素化PMMA等のアクリル樹脂；フッ素化ポリイミド等のポリイミド樹脂；エポキシ樹脂；UV硬化性エポキシ樹脂；重水素化シリコン樹脂等のシリコン樹脂；ベンゾシクロブテンから製造されるポリマー等の樹脂成分と、必要に応じて含まれる粒子とに加えて、硬化剤や消泡剤、酸無水物、溶剤等の各種添加剤が適宜配合されたもの等が挙げられる。

また、上記封止用樹脂組成物は、硬化後の通信波長光の透過率が70%以上であることが望ましく、90%以上であることがより望ましい。

【0185】

ここで、ICチップ実装用基板および多層プリント配線板の間に流し込む封止用樹脂組成物の粘度や、該封止用樹脂組成物を流し込んだ後の硬化処理の条件としては、封止用樹脂組成物の組成、ICチップ実装用基板および多層プリント配線板の設計等を考慮して適宜選択すればよい。

【0186】

次に、ICチップ実装用基板にICチップを実装し、その後、必要に応じて、ICチップの樹脂封止を行うことにより光通信用デバイスとする。

上記ICチップの実装は従来公知の方法で行うことができる。

また、ICチップの実装を、ICチップ実装用基板と多層プリント配線板とを接

続する前に行い、ICチップを実装したICチップ実装用基板と多層プリント配線板とを接続することにより光通信用デバイスとしてもよい。

【0187】

【実施例】

以下、本発明をさらに詳細に説明する。

(実施例1)

A. ICチップ実装用基板の作製

A-1. 層間樹脂絶縁層用樹脂フィルムの作製

ビスフェノールA型エポキシ樹脂（エポキシ当量469、油化シェルエポキシ社製エピコート1001）30重量部、クレゾールノボラック型エポキシ樹脂（エポキシ当量215、大日本インキ化学工業社製 エピクロンN-673）40重量部、トリアジン構造含有フェノールノボラック樹脂（フェノール性水酸基当量120、大日本インキ化学工業社製 フェノライトKA-7052）30重量部、をエチルジグリコールアセテート20重量部、ソルベントナフサ20重量部に攪拌しながら加熱溶解させ、そこへ末端エポキシ化ポリブタジエンゴム（ナガセ化成工業社製 デナレックスR-45EPT）15重量部と2-フェニル-4、5-ビス（ヒドロキシメチル）イミダゾール粉末品1.5重量部、微粉碎シリカ2重量部、シリコン系消泡剤0.5重量部を添加しエポキシ樹脂組成物を調製した。

得られたエポキシ樹脂組成物を厚さ38 $\mu$ mのPETフィルム上に乾燥後の厚さが50 $\mu$ mとなるようにロールコーターを用いて塗布した後、80～120℃で10分間乾燥させることにより、層間樹脂絶縁層用樹脂フィルムを作製した。

【0188】

A-2. 貫通孔充填用樹脂組成物の調製

ビスフェノールF型エポキシモノマー（油化シェル社製、分子量：310、YL983U）100重量部、表面にシランカップリング剤がコーティングされた平均粒径が1.6 $\mu$ mで、最大粒子の直径が15 $\mu$ m以下のSiO<sub>2</sub>球状粒子（アドテック社製、CRS 1101-CE）170重量部およびレベリング剤（サンプロコ社製 ペレノールS4）1.5重量部を容器にとり、攪拌混合すること

により、その粘度が $23 \pm 1^{\circ}\text{C}$ で $45 \sim 49 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ の樹脂充填材を調製した。  
なお、硬化剤として、イミダゾール硬化剤（四国化成社製、2E4MZ-CN）  
6.5重量部を用いた。

【0189】

#### A-3. ICチップ実装用基板の製造

(1) 厚さ0.8mmのガラスエポキシ樹脂またはBT（ビスマレイミドトリアジン）樹脂からなる絶縁性基板21の両面に $18 \mu\text{m}$ の銅箔28がラミネートされている銅張積層板を出発材料とした（図3（a）参照）。まず、この銅張積層板をドリル削孔し、無電解めっき処理を施し、パターン状にエッチングすることにより、基板21の両面に導体回路24とスルーホール29とを形成した（図3（b）参照）。

【0190】

(2) スルーホール29と導体回路24とを形成した基板を水洗いし、乾燥した後、 $\text{NaOH}$ （10g/l）、 $\text{NaClO}_2$ （40g/l）、 $\text{Na}_3\text{PO}_4$ （6g/l）を含む水溶液を黒化浴（酸化浴）とする黒化处理、および、 $\text{NaOH}$ （10g/l）、 $\text{NaBH}_4$ （6g/l）を含む水溶液を還元浴とする還元処理を行い、スルーホール29を含む導体回路24の表面に粗化面（図示せず）を形成した。

【0191】

(3) 上記A-2に記載した樹脂充填材を調製した後、下記の方法により調製後24時間以内に、スルーホール29内および基板21の片面の導体回路非形成部と導体回路24の外縁部とに樹脂充填材30'の層を形成した。

すなわち、まず、スキージを用いてスルーホール内に樹脂充填材を押し込んだ後、 $100^{\circ}\text{C}$ 、20分の条件で乾燥させた。次に、導体回路非形成部に相当する部分が開口したマスクを基板上に載置し、スキージを用いて凹部となっている導体回路非形成部にも樹脂充填材を充填し、 $100^{\circ}\text{C}$ 、20分の条件で乾燥させることにより樹脂充填材30'の層を形成した（図3（c）参照）。

【0192】

(4) 上記（3）の処理を終えた基板の片面を、#600のベルト研磨紙（三共

理化学社製)を用いたベルトサンダー研磨により、導体回路24の表面やスルーホール29のランド表面に樹脂充填材30'が残らないように研磨し、次いで、上記ベルトサンダー研磨による傷を取り除くためのパフ研磨を行った。このような一連の研磨を基板の他方の面についても同様に行った。

次いで、100℃で1時間、120℃で3時間、150℃で1時間、180℃で7時間の加熱処理を行って樹脂充填材層30を形成した。

#### 【0193】

このようにして、スルーホール29や導体回路非形成部に形成された樹脂充填材30の表層部および導体回路24の表面を平坦化し、樹脂充填材30と導体回路24の側面とが粗化面を介して強固に密着し、また、スルーホール29の内壁面と樹脂充填材30とが粗化面を介して強固に密着した絶縁性基板を得た(図3(d)参照)。この工程により、樹脂充填材層30の表面と導体回路24の表面とが同一平面となる。

#### 【0194】

(5) 上記基板を水洗、酸性脱脂した後、ソフトエッチングし、次いで、エッチング液を基板の両面にスプレーで吹き付けて、導体回路24の表面とスルーホール29のランド表面とをエッチングすることにより、導体回路24の全表面に粗化面(図示せず)を形成した。エッチング液として、イミダゾール銅(II)錯体10重量部、グリコール酸7重量部、塩化カリウム5重量部を含むエッチング液(メック社製、メックエッチボンド)を使用した。

#### 【0195】

(6) 次に、上記A-1で作製した基板より少し大きめの層間樹脂絶縁層用樹脂フィルムを基板上に載置し、圧力0.4MPa、温度80℃、圧着時間10秒の条件で仮圧着して裁断した後、さらに、以下の方法により真空ラミネータ装置を用いて貼り付けることにより層間樹脂絶縁層22を形成した(図3(e)参照)。

すなわち、層間樹脂絶縁層用樹脂フィルムを基板上に、真空度65Pa、圧力0.4MPa、温度80、時間60秒の条件で本圧着し、その後、170℃で30分間熱硬化させた。

## 【0196】

(7) 次に、層間樹脂絶縁層 22 上に、厚さ 1.2 mm の貫通孔が形成されたマスクを介して、波長 10.4  $\mu\text{m}$  の  $\text{CO}_2$  ガスレーザにて、ビーム径 4.0 mm、トップハットモード、パルス幅 8.0  $\mu\text{s}$ 、マスクの貫通孔の径 1.0 mm、1 ショットの条件で層間樹脂絶縁層 22 に、直径 80  $\mu\text{m}$  のバイアホール用開口 26 を形成した (図 4 (a) 参照)。

## 【0197】

(8) バイアホール用開口 26 を形成した基板を、60 g/l の過マンガン酸を含む 80℃ の溶液に 10 分間浸漬し、層間樹脂絶縁層 22 の表面に存在するエポキシ樹脂粒子を溶解除去することにより、バイアホール用開口 26 の内壁面を含むその表面に粗化面 (図示せず) を形成した。

## 【0198】

(9) 次に、上記処理を終えた基板を、中和溶液 (シプレイ社製) に浸漬してから水洗いした。

さらに、粗面化処理 (粗化深さ 3  $\mu\text{m}$ ) した該基板の表面に、パラジウム触媒を付与することにより、層間樹脂絶縁層 22 の表面 (バイアホール用開口 26 の内壁面を含む) に触媒核を付着させた (図示せず)。すなわち、上記基板を塩化パラジウム ( $\text{PdCl}_2$ ) と塩化第一スズ ( $\text{SnCl}_2$ ) とを含む触媒液中に浸漬し、パラジウム金属を析出させることにより触媒を付与した。

## 【0199】

(10) 次に、以下の組成の無電解銅めっき水溶液中に、基板を浸漬し、層間樹脂絶縁層 22 の表面 (バイアホール用開口 26 の内壁面を含む) に厚さ 0.6 ~ 3.0  $\mu\text{m}$  の無電解銅めっき膜 32 を形成した (図 4 (b) 参照)。

## 【0200】

〔無電解めっき水溶液〕

$\text{NiSO}_4$	0.003 mol/l
酒石酸	0.200 mol/l
硫酸銅	0.030 mol/l
$\text{HCHO}$	0.050 mol/l

NaOH 0.100 mol/l

$\alpha$ 、 $\alpha'$ -ピピリジル 100 mg/l

ポリエチレングリコール (PEG) 0.10 g/l

〔無電解めっき条件〕

30℃の液温度で40分

【0201】

(11) 次に、無電解銅めっき膜32が形成された基板に市販の感光性ドライフィルムを張り付け、マスクを載置して、 $100\text{ mJ/cm}^2$ で露光し、0.8%炭酸ナトリウム水溶液で現像処理することにより、厚さ $20\text{ }\mu\text{m}$ のめっきレジスト23を設けた(図4(c)参照)。

【0202】

(12) ついで、基板を50℃の水で洗浄して脱脂し、25℃の水で水洗後、さらに硫酸で洗浄してから、以下の条件で電解めっきを施し、めっきレジスト23非形成部に、厚さ $20\text{ }\mu\text{m}$ の電解銅めっき膜33を形成した(図4(d)参照)。

【0203】

〔電解めっき液〕

硫酸 2.24 mol/l

硫酸銅 0.26 mol/l

添加剤 19.5 ml/l

(アトテックジャパン社製、カパラシドGL)

〔電解めっき条件〕

電流密度 1 A/dm<sup>2</sup>

時間 65 分

温度  $22 \pm 2\text{ }^\circ\text{C}$

【0204】

(13) さらに、めっきレジスト23を5%NaOHで剥離除去した後、めっきレジスト23下の無電解銅めっき膜を硫酸と過酸化水素との混合液でエッチング処理して溶解除去し、無電解銅めっき膜32と電解銅めっき膜33とからなる厚さ

18  $\mu\text{m}$ の導体回路25（バイアホール27を含む）を形成した（図5（a）参照）。

【0205】

（14）さらに、上記（5）の工程で用いたエッチング液と同様のエッチング液を用いて、導体回路25の表面に粗化面（図示せず）を形成し、次いで、上記（6）～（8）の工程と同様にしてバイアホール用開口26を有し、その表面に粗化面（図示せず）が形成された層間樹脂絶縁層22を積層形成した（図5（b）参照）。

その後、直径300  $\mu\text{m}$ のドリルを用いて、基板21および層間樹脂絶縁層22を貫通する光路用貫通孔46を形成し、さらに、光路用貫通孔46の壁面にデスマリア処理を施した（図5（c）参照）。なお、本実施例では、直径300  $\mu\text{m}$ のドリルを用いて光路用貫通孔を形成しているが、光路用貫通孔を形成する場合には、通常、直径200～400  $\mu\text{m}$ 程度のドリルを用いればよい。

【0206】

（15）次に、上記（9）の工程で用いた方法と同様の方法で、光路用貫通孔46の壁面および層間樹脂絶縁層22の表面に触媒を付与し、さらに、上記（10）の工程で用いた無電解めっき液と同様の無電解銅めっき水溶液中に、基板を浸漬し、層間樹脂絶縁層22の表面（バイアホール用開口26の内壁面を含む）、および、光路用貫通孔46の壁面に薄膜導体層（無電解銅めっき膜）32を形成した（図6（a）参照）。

【0207】

（16）次に、上記（11）の工程で用いた方法と同様の方法で、めっきレジスト23を設け、さらに、上記（12）の工程で用いた方法と同様の方法で、めっきレジスト23非形成部に、厚さ20  $\mu\text{m}$ の電解銅めっき膜33を形成した（図6（b）参照）。

【0208】

（17）次に、上記（13）の工程で用いた方法と同様の方法で、めっきレジスト23の剥離と、めっきレジスト23下の薄膜導体層の除去とを行い、導体回路25（バイアホール27を含む）および導体層45を形成した。



さらに、上記(2)の工程で用いた方法と同様の方法で、酸化還元処理を行い、導体回路25の表面および導体層45の表面を粗化面(図示せず)とした(図6(c)参照)。

#### 【0209】

(18)次に、スキージを用いて、導体層45が形成された光路用貫通孔46内にエポキシ樹脂を含む樹脂組成物を充填し、乾燥させた後、バフ研磨によりその表層を平坦化した。さらに、硬化処理を施し、光路用樹脂層42を形成した(図7(a)参照)。

#### 【0210】

(19)次に、ジエチレングリコールジメチルエーテル(DMDG)に60重量%の濃度になるように溶解させた、クレゾールノボラック型エポキシ樹脂(日本化薬社製)のエポキシ基50%をアクリル化した感光性付与のオリゴマー(分子量:4000)46.67重量部、メチルエチルケトンに溶解させた80重量%のビスフェノールA型エポキシ樹脂(油化シェル社製、商品名:エピコート1001)15.0重量部、イミダゾール硬化剤(四国化成社製、商品名:2E4MZ-CN)1.6重量部、感光性モノマーである2官能アクリルモノマー(日本化薬社製、商品名:R604)4.5重量部、同じく多価アクリルモノマー(共栄化学社製、商品名:DPE6A)1.5重量部、分散系消泡剤(サンノブコ社製、S-65)0.71重量部を容器にとり、攪拌、混合して混合組成物を調製し、この混合組成物に対して光重合開始剤としてベンゾフェノン(関東化学社製)2.0重量部、光増感剤としてのミヒラーケトン(関東化学社製)0.2重量部、を加えることにより、粘度を25℃で2.0Pa・sに調整したソルダーレジスト組成物を得た。

なお、粘度測定は、B型粘度計(東京計器社製、DVL-B型)で60min<sup>-1</sup>(rpm)の場合はローターNo.4、6min<sup>-1</sup>(rpm)の場合はローターNo.3によった。

#### 【0211】

(20)次に、層間樹脂絶縁層22と導体回路25(パイアホール27を含む)とを形成した基板の両面に、上記ソルダーレジスト組成物を30μmの厚さで塗

布し、70℃で20分間、70℃で30分間の条件で乾燥処理を行い、ソルダーレジスト組成物の層34'を形成した(図7(b)参照)。

#### 【0212】

(21) 次いで、光路用開口と半田バンプ形成用開口(ICチップ実装用開口および光学素子実装用開口)とのパターンが描画された厚さ5mmのフォトマスクをICチップ実装側のソルダーレジスト組成物の層34'に密着させて1000 mJ/cm<sup>2</sup>の紫外線で露光し、DMTG溶液で現像処理し、開口を形成した。そして、さらに、80℃で1時間、100℃で1時間、120℃で1時間、150℃で3時間の条件でそれぞれ加熱処理を行ってソルダーレジスト層を硬化させ、光路用開口31と半田バンプ形成用開口35とを有し、その厚さが20μmのソルダーレジスト層34を形成した。

また、他方のソルダーレジスト組成物の層には、半田バンプ形成用開口(多層プリント配線板接続用開口)のパターンが描画されたフォトマスクを密着させ、上記した露光現像条件と同様の条件で露光現像処理を施すことにより、多層プリント配線板と接続するための半田バンプ形成用開口35を形成した(図8(a)参照)。

#### 【0213】

(22) 次に、上記(21)の工程で形成した光路用開口内に、上記(18)の工程で充填したエポキシ樹脂を含む樹脂組成物と同様の樹脂組成物をスキージを用いて充填し、乾燥させた後、バフ研磨によりその表層を平坦化した。さらに、硬化処理を施し、光路用樹脂層42を形成した。

なお、本工程および上記(18)の工程で形成した光路用樹脂層は、透過率が85%であり、屈折率が1.60である。

#### 【0214】

(23) 次に、ソルダーレジスト層34を形成した基板を、塩化ニッケル(2.3×10<sup>-1</sup>mol/l)、次亜リン酸ナトリウム(2.8×10<sup>-1</sup>mol/l)、クエン酸ナトリウム(1.6×10<sup>-1</sup>mol/l)を含むpH=4.5の無電解ニッケルめっき液に20分間浸漬して、半田バンプ形成用開口35と光学素子用開口31に厚さ5μmのニッケルめっき層を形成した。さらに、その基

板をシアン化金カリウム ( $7.6 \times 10^{-3} \text{ mol/l}$ )、塩化アンモニウム ( $1.9 \times 10^{-1} \text{ mol/l}$ )、クエン酸ナトリウム ( $1.2 \times 10^{-1} \text{ mol/l}$ )、次亜リン酸ナトリウム ( $1.7 \times 10^{-1} \text{ mol/l}$ ) を含む無電解金めっき液に  $80^\circ\text{C}$  の条件で 7.5 分間浸漬して、ニッケルめっき層上に、厚さ  $0.03 \mu\text{m}$  の金めっき層を形成し、半田パッド 36 とした。

#### 【0215】

(24) 次に、ソルダーレジスト層 34 に形成した半田バンプ形成用開口 35 に半田ペーストを印刷し、さらに、光学素子実装用開口に印刷した半田ペーストに、受光素子 38 および発光素子 39 を、それぞれの受光部 38a および発光部 39a の位置合わせを行いながら取り付け、 $200^\circ\text{C}$  でリフローすることにより、受光素子 38 および発光素子 39 を半田を介して実装するとともに、IC チップ実装用開口および多層プリント配線板実装用開口に半田バンプ 37 を形成し、IC チップ実装用基板とした (図 8 (b) 参照)。

なお、受光素子 38 としては、InGaAs からなるものを用い、発光素子 39 としては、InGaAsP からなるものを用いた。

#### 【0216】

##### B. 多層プリント配線板の作製

##### B-1. 層間樹脂絶縁層用樹脂フィルムの作製

A-1 で用いた方法と同様の方法を用いて層間樹脂絶縁層用樹脂フィルムを作製した。

##### B-2. 貫通孔充填用樹脂組成物の調製

A-2 で用いた方法と同様の方法を用いて貫通孔充填用樹脂組成物を作製した。

#### 【0217】

##### B-3. 多層プリント配線板の製造

(1) 厚さ  $0.6 \text{ mm}$  のガラスエポキシ樹脂または BT 樹脂からなる絶縁性基板 1 の両面に  $18 \mu\text{m}$  の銅箔 8 がラミネートされている銅張積層板を出発材料とした (図 9 (a) 参照)。まず、この銅張積層板をドリル削孔し、無電解めっき処理を施し、パターン状にエッチングすることにより、基板 1 の両面に導体回路 4 とスルーホール 9 とを形成した (図 9 (b) 参照)。

## 【0218】

(2) スルーホール9と導体回路4とを形成した基板を水洗いし、乾燥した後、エッチング液（メック社製、メックエッチボンド）をスプレーで吹き付け、スルーホール9を含む導体回路4の表面に粗化面（図示せず）を形成した。

## 【0219】

(3) 上記B-2に記載した樹脂充填材を調製した後、下記の方法により調製後24時間以内に、スルーホール9内および基板1の片面の導体回路非形成部と導体回路4の外縁部とに樹脂充填材10'の層を形成した。

すなわち、まず、スキージを用いてスルーホール内に樹脂充填材を押し込んだ後、100℃、20分の条件で乾燥させた。次に、導体回路非形成部に相当する部分が開口したマスクを基板上に載置し、スキージを用いて凹部となっている導体回路非形成部にも樹脂充填材を充填し、100℃、20分の条件で乾燥させることにより樹脂充填材10'の層を形成した（図9(c)参照）。

## 【0220】

(4) 上記(3)の処理を終えた基板の片面を、#600のベルト研磨紙（三共理化学社製）を用いたベルトサンダー研磨により、導体回路4の表面やスルーホール9のランド表面に樹脂充填材10'が残らないように研磨し、次いで、上記ベルトサンダー研磨による傷を取り除くためのバフ研磨を行った。このような一連の研磨を基板の他方の面についても同様に行った。

次いで、100℃で1時間、120℃で3時間、150℃で1時間、180℃で7時間の加熱処理を行って樹脂充填材層10を形成した。

## 【0221】

このようにして、スルーホール9や導体回路非形成部に形成された樹脂充填材10の表層部および導体回路4の表面を平坦化し、樹脂充填材10と導体回路4の側面とが粗化面を介して強固に密着し、また、スルーホール9の内壁面と樹脂充填材10とが粗化面を介して強固に密着した絶縁性基板を得た（図9(d)参照）。この工程により、樹脂充填材層10の表面と導体回路4の表面とが同一平面となる。

## 【0222】

(5) 上記基板を水洗、酸性脱脂した後、ソフトエッチングし、次いで、エッチング液を基板の両面にスプレーで吹き付けて、導体回路4の表面とスルーホール9のランド表面とをエッチングすることにより、導体回路4の全表面に粗化面（図示せず）を形成した。なお、エッチング液としては、メック社製、メックエッチボンドを使用した。

【0223】

(6) 次に、上記B-1で作製した基板より少し大きめの層間樹脂絶縁層用樹脂フィルムを基板上に載置し、圧力0.4MPa、温度80℃、圧着時間10秒の条件で仮圧着して裁断した後、さらに、以下の方法により真空ラミネータ装置を用いて貼り付けることにより層間樹脂絶縁層2を形成した（図10（a）参照）。すなわち、層間樹脂絶縁層用樹脂フィルムを基板上に、真空度65Pa、圧力0.4MPa、温度80、時間60秒の条件で本圧着し、その後、170℃で30分間熱硬化させた。

【0224】

(7) 次に、層間樹脂絶縁層2上に、厚さ1.2mmの貫通孔が形成されたマスクを介して、波長10.4μmのCO<sub>2</sub>ガスレーザにて、ビーム径4.0mm、トップハットモード、パルス幅8.0μ秒、マスクの貫通孔の径1.0mm、1ショットの条件で層間樹脂絶縁層2に、直径80μmのバイアホール用開口6を形成した（図10（b）参照）。

【0225】

(8) バイアホール用開口6を形成した基板を、60g/lの過マンガン酸を含む80℃の溶液に10分間浸漬し、層間樹脂絶縁層2の表面に存在するエポキシ樹脂粒子を溶解除去することにより、バイアホール用開口6の内壁面を含むその表面に粗化面（図示せず）を形成した。

【0226】

(9) 次に、上記処理を終えた基板を、中和溶液（シブレイ社製）に浸漬してから水洗いした。

さらに、粗化面処理（粗化深さ3μm）した該基板の表面に、パラジウム触媒を付与することにより、層間樹脂絶縁層2の表面（バイアホール用開口6の内壁面

を含む)に触媒核を付着させた(図示せず)。すなわち、上記基板を塩化パラジウム( $\text{PdCl}_2$ )と塩化第一スズ( $\text{SnCl}_2$ )とを含む触媒液中に浸漬し、パラジウム金属を析出させることにより触媒を付与した。

#### 【0227】

(10) 次に、基板を無電解銅めっき水溶液中に浸漬し、層間樹脂絶縁層2の表面(バイアホール用開口6の内壁面を含む)に厚さ0.6~3.0 $\mu\text{m}$ の無電解銅めっき膜12を形成した(図10(c)参照)。

なお、使用した無電解めっき水溶液、および、無電解めっき条件は、ICチップ実装用基板の製造工程の(10)と同様である。

#### 【0228】

(11) 無電解めっき膜12を形成した基板を水洗し、その後、電解めっきを施し、無電解めっき膜12上全体に、厚さ20 $\mu\text{m}$ の電解銅めっき膜13を形成した(図11(a)参照)。

なお、使用した電解めっき水溶液、および、電解めっき条件は、ICチップ実装用基板の製造工程の(12)と同様である。

#### 【0229】

(12) 次に、電解銅めっき膜13が形成された基板に市販の感光性ドライフィルムを張り付け、マスクを載置して、100 $\text{mJ}/\text{cm}^2$ で露光し、0.8%炭酸ナトリウム水溶液で現像処理することにより、エッチングレジスト3を形成した(図11(b)参照)。

#### 【0230】

(13) 次に、エッチングレジスト非形成部下の電解銅めっき膜と無電解めっき膜とを、硫酸と過酸化水素との混合液でエッチング処理して溶解除去し、その後、エッチングレジストを5% $\text{NaOH}$ 溶液で剥離除去することにより無電解銅めっき膜12と電解銅めっき膜13とからなる導体回路7(バイアホール5を含む)を形成した(図11(c)参照)。

さらに、エッチング液(メックエッチボンド)を用い、導体回路5(バイアホール7を含む)表面に粗化面(図示せず)を形成した。

#### 【0231】

(14) 次に、層間樹脂絶縁層2表面の所定の位置に、以下の方法を用いて光路変換ミラー19(19a、19b)を有する光導波路18(18a、18b)を形成した(図12(a)参照)。

すなわち、予め、その一端に先端がV形90°のダイヤモンドソーを用いて45°光路変換ミラー19を形成しておいたPMMAからなるフィルム状の光導波路(幅25μm、厚さ25μm)を、光変換ミラー非形成側の他端の側面と層間樹脂絶縁層の側面とが揃うように貼り付けた。

なお、光導波路の貼り付けは、該光導波路の層間樹脂絶縁層との接着面に熱硬化性樹脂からなる接着剤を厚さ10μmに塗布しておき、圧着後、60℃で1時間硬化させることにより行った。

また、本実施例では、60℃/1時間の条件で硬化を行ったが、場合によってはステップ硬化をおこなってもよい。貼り付け時に光導波路により応力が発生しにくいからである。

#### 【0232】

(15) 次に、ICチップ実装用基板の製造工程の(19)と同様にしてソルダーレジスト組成物を調製し、さらに、基板の両面に、上記ソルダーレジスト組成物を35μmの厚さで塗布し、70℃で20分間、70℃で30分間の条件で乾燥処理を行い、ソルダーレジスト組成物の層14'を形成した(図12(b)参照)。

#### 【0233】

(16) 次いで、基板の片面に、半田バンプ形成用開口(ICチップ実装用基板と接続するための開口)と光路用開口とのパターンが描画された厚さ5mmのフォトマスクをソルダーレジスト層に密着させて1000mJ/cm<sup>2</sup>の紫外線で露光し、DMTG溶液で現像処理を施すことにより開口を形成した。

そして、さらに、80℃で1時間、100℃で1時間、120℃で1時間、150℃で3時間の条件でそれぞれ加熱処理を行ってソルダーレジスト層を硬化させ、半田バンプ形成用開口15と光路用開口11(11a、11b)とを有し、その厚さが20μmのソルダーレジスト層14を形成した(図13(a)参照)。

#### 【0234】

(17) 次に、ICチップ実装用基板の製造工程の(22)の工程と同様にして、エポキシ樹脂を含む樹脂組成物の充填、硬化処理等を施し、光路用開口内に光路用樹脂層8を形成した。さらに、ICチップ実装用基板の製造工程の(23)の工程と同様にして、ニッケルめっき層と金めっき層とを形成し、半田パッド16とした。

#### 【0235】

(18) 次に、ソルダーレジスト層14に形成した半田バンプ形成用開口15に半田ペーストを印刷し、200℃でリフローすることにより半田バンプ形成用開口15に半田バンプ17を形成し、多層プリント配線板とした(図13(b)参照)。

#### 【0236】

#### C. IC実装光通信用デバイスの製造

まず、上記Aの工程を経て製造したICチップ実装用基板に、ICチップを実装し、その後、樹脂封止を行い、ICチップ実装基板を得た。

次に、このICチップ実装基板と上記Bの工程を経て製造した多層プリント配線板とを所定の位置に対向配置させ、200℃でリフローすることにより両基板の半田バンプ同士を接続して半田接続部を形成した。

#### 【0237】

次に、半田接続部を介して接続した多層プリント配線板とICチップ実装用基板との間に、封止用樹脂組成物を充填し、その後、硬化処理を施すことにより封止樹脂層を形成し、光通信用デバイスとした(図1参照)。

なお、封止用樹脂組成物としては、エポキシ樹脂を含む樹脂組成物を用いた。

また、形成した封止樹脂層は、透過率が85%であり、屈折率が1.60であった。

#### 【0238】

#### (実施例2)

ICチップ実装用基板および多層プリント配線板に光路用樹脂層を形成する際にオレフィン樹脂を含む樹脂組成物を用いて、その透過率が80%で、屈折率が1.58の光路用樹脂層を形成し、封止樹脂層を形成する際に、封止用樹脂組成物



としてオレフィン樹脂を含む樹脂組成物を用いて、その透過率が88%で、屈折率が1.58の封止樹脂層を形成した以外は、実施例1と同様にして光通信デバイスを製造した。

【0239】

(実施例3)

実施例1のICチップ実装用基板の製造工程の(23)の工程を行った後、光路用樹脂層の多層プリント配線板と接続する側の端部に、下記の方法を用いてマイクロレンズを配設した以外は、実施例1と同様にして光通信デバイスを製造した。

すなわち、光路用樹脂層の端部にディスペンサーを用いてエポキシ樹脂を含む樹脂組成物を滴下し、その後、硬化処理を施すことによりマイクロレンズを形成した。なお、ここで形成したマイクロレンズは、その透過率が92%であり、屈折率が1.62である。

【0240】

(実施例4)

実施例2において、実施例1のICチップ実装用基板の製造工程の(23)の工程と同様の工程を行うことにより光路用樹脂層を形成した後、該光路用樹脂層の多層プリント配線板と接続する側の端部に、下記の方法を用いてマイクロレンズを配設した以外は、実施例2と同様にして光通信デバイスを製造した。

すなわち、光路用樹脂層の端部にディスペンサーを用いてエポキシ樹脂を含む樹脂組成物を滴下し、その後、硬化処理を施すことによりマイクロレンズを形成した。なお、ここで形成したマイクロレンズは、その透過率が92%であり、屈折率が1.62である。

【0241】

(実施例5)

実施例1のICチップ実装用基板の製造工程の(23)の工程を行った後、光路用樹脂層の多層プリント配線板と接続する側の端部に、下記の方法を用いてマイクロレンズを配設し、さらに、封止樹脂層を形成する際に、アクリル樹脂を含む樹脂組成物を用いた以外は、実施例1と同様にして光通信デバイスを製造した。

すなわち、光路用樹脂層の端部にディスペンサーを用いてエポキシ樹脂を含む樹脂組成物を滴下し、その後、硬化処理を施すことによりマイクロレンズを形成した。なお、ここで形成したマイクロレンズは、その透過率が85%であり、屈折率が1.60である。

なお、本実施例で形成した封止樹脂層は、その透過率が85%であり、屈折率が1.50である。

#### 【0242】

##### (実施例6)

実施例2において、実施例1のICチップ実装用基板の製造方法の(23)の工程と同様の工程を行うことにより光路用樹脂層を形成した後、該光路用樹脂層の多層プリント配線板と接続する側の端部に、下記の方法を用いてマイクロレンズを配設し、さらに、封止樹脂層を形成する際に、アクリル樹脂を含む樹脂組成物を用いた以外は、実施例1と同様にして光通信用デバイスを製造した。

すなわち、光路用樹脂層の端部にディスペンサーを用いてエポキシ樹脂を含む樹脂組成物を滴下し、その後、硬化処理を施すことによりマイクロレンズを形成した。なお、ここで形成したマイクロレンズは、その透過率が92%であり、屈折率が1.62である。

なお、本実施例で形成した封止樹脂層は、その透過率が85%であり、屈折率が1.50である。

#### 【0243】

##### (実施例7)

実施例1の多層プリント配線板の製造工程の(14)の工程において、光導波路を形成する際に、下記の方法を用いて、最外層の層間樹脂絶縁層全体を覆うように、半田バンプ形成用開口および光路変換ミラーを優する光導波路を形成し、このような光導波路を形成した側の最外層には、ソルダーレジスト層を形成しなかった以外は実施例1と同様にして光通信用デバイスを製造した。

#### 【0244】

層間樹脂絶縁層全体を覆う光導波路の形成方法について説明する。まず、最外層

の層間樹脂絶縁層上の所定の位置に、下部クラッド形成用 PMMA を塗布成膜し、これを加熱硬化することにより下部クラッドを形成し、その後、上記下部クラッド上に、コア形成用 PMMA を塗布成膜し、これを加熱硬化することによりコア層を形成した。その後、コア層の表面にレジストを塗布し、フォトリソグラフィによりレジストパターンを形成して反応性イオンエッチングによりコアの形状にパターンニングすることにより下部クラッド上にコアを形成した。

続いて、この下部クラッドおよびコアの一端に機械加工により光路変換用  $45^\circ$  ミラーを形成した。

#### 【0245】

次に、下部クラッドおよびコアを覆うように、層間樹脂絶縁層上全体に上部クラッド形成用 PMMA を塗布し、これを加熱硬化することにより層間樹脂絶縁層上全体に上部クラッドを形成した。

なお、上記下部クラッド形成用 PMMA と上記上部クラッド形成用 PMMA とは、同一組成からなるものである。

なお、このような工程を経ることにより、最外層の層間樹脂絶縁層上の全体に光導波路が形成されることとなる。

その後、上記光導波路には、レーザ処理により半田バンプ形成用開口を形成した。

#### 【0246】

##### (実施例 8)

多層プリント配線板に形成する光導波路の位置を、ICチップ実装用基板に対向する側と基板を挟んだ反対側の最外層の層間樹脂絶縁層上とし、光導波路と IC チップ実装用基板に実装した光学素子との間で光信号の伝送を行うことができるように、光信号伝送用光路を形成した以外は実施例 1 と同様にして光通信用デバイスを製造した。

なお、上記した構成の多層プリント配線板は、下記 (1) ~ (7) の工程を経ることにより形成した。

#### 【0247】

すなわち、(1) まず、実施例 1 の B-3. 多層プリント配線板の製造の (1)

～（８）と同様にして基板の両面に導体回路とパイアホール用開口とを有する層間樹脂絶縁層とを形成した。

（２）次に、直径 $300\mu\text{m}$ のドリルを用いて、基板および層間樹脂絶縁層を貫通する光路用貫通孔を形成し、さらに、光路用貫通孔の壁面にデスミア処理を施した。

【0248】

（３）次に、実施例１のＢ－３の（９）の工程で用いた方法と同様の方法で、光路用貫通孔の壁面、および、層間樹脂絶縁層の表面に触媒を付与し、さらに、実施例１のＢ－３の（１０）の工程で用いた無電解めっき液と同様の無電解銅めっき水溶液中に基板を浸漬し、層間樹脂絶縁層の表面（パイアホール用開口の内壁面を含む）、および、光路用貫通孔の壁面に薄膜導体層（無電解銅めっき膜）を形成した。

【0249】

（４）次に、実施例１のＡ－３．ＩＣチップ実装用基板の製造の（１１）の工程で用いた方法と同様の方法で、上記薄膜導体層上に所定の位置にめっきレジストを形成した。さらに、Ａ－３の（１２）の工程で用いた方法と同様の方法で、めっきレジスト非形成部に電解銅めっき膜を形成した。

【0250】

（５）次に、Ａ－３の（１３）の工程で用いた方法と同様の方法で、めっきレジストおよび該めっきレジスト下の薄膜導体層の除去とを行い、独立した導体回路と導体層とを形成した。さらに、酸化還元処理を行うことにより、上記導体回路の表面を粗化面とした。

【0251】

（６）次に、スキージを用いて、導体層が形成された光路用貫通孔内にエポキシ樹脂を含む樹脂組成物を充填し、乾燥後、バフ研磨によりその表層を平坦化し、さらに、硬化処理を施すことにより光路用樹脂層を形成した。

【0252】

（７）次に、実施例１のＢ－３の（１４）の工程と同様の方法を用いて、ＩＣチップ実装用基板と対向する側と基板を挟んだ反対側の最外層の層間樹脂絶縁層上

の所定の位置に光路変換ミラーを優する光導波路を形成した。

その後、B-3の(15)～(18)の工程と同様の工程を行うことにより、多層プリント配線板を完成した。なお、この工程で光路用開口を形成する際には、該光路用開口は、上記(2)の工程で形成した光路用貫通孔に連通するように形成した。

#### 【0253】

このようにして得られた実施例1～8のIC実装光通信用デバイスについて、受光素子に対向する光導波路の多層プリント配線板の側面からの露出面に光ファイバを取り付けるとともに、受光素子に代えて検出器を取り付け、その後、光ファイバを介して光信号を送り、検出器で光信号を検出したところ、所望の光信号を検出することができ、本実施例で製造したIC実装光通信用デバイスが、光通信用デバイスとして充分満足できる性能を有していることが明らかとなった。

#### 【0254】

また、ICチップ実装用基板に実装した発光素子と、この発光素子に対向する、多層プリント配線板に形成した光導波路との間での導波損失を下記の方法で測定したところ、 $0.3\text{ dB/cm}$ 以下であり、十分に光信号を伝送することができることが明らかとなった。

なお、導波損失の測定は、受光用光導波路の端部に光ファイバを取り付けるとともに、光信号伝送用光路の受光素子側の端部に光ファイバを介してパワーメータを取り付け、その後、光導波路に取り付けた光ファイバから測定波長が $850\text{ nm}$ の光信号を伝送し、受光用光導波路および光信号伝送用光路を介して伝送された光信号をパワーメータで検出することにより行った。

#### 【0255】

さらに、実施例1～8で得られた光通信用デバイスにおいては、光学素子（受光素子および発光素子）ならびに光導波路の設計からの位置ズレはほとんどみられなかった。

#### 【0256】

#### 【発明の効果】

本発明の光通信用デバイスは、上記したように、所定の位置に受光素子および発

光素子が実装されたＩＣチップ実装用基板と、所定の位置に光導波路が形成された多層プリント配線板とから構成されているため、実装した光学部品間の接続損失が低く、光通信用デバイスとして接続信頼性に優れる。

【0257】

また、本発明の光通信用デバイスにおいて、ＩＣチップ実装用基板と多層プリント配線板との間に封止樹脂層が形成されている場合には、光学素子と光導波路との間に、空气中を浮遊しているゴミや異物等が入り込むことがなく、このゴミや異物等により光信号の伝送が阻害されることがないため、光通信用デバイスとしての信頼性により優れることとなる。

さらに、封止樹脂層が形成されている場合には、該封止樹脂層が上記ＩＣチップ実装用基板と上記多層プリント配線板との間で発生する応力を緩和する役目を果たすことができ、また、光学素子や光導波路の位置ズレがより発生しにくくなるため、光通信用デバイスとしての信頼性により優れることとなる。

【0258】

本発明の光通信用デバイスの製造方法では、ＩＣチップ実装用基板と多層プリント配線板とを所定の位置に配置、固定した後、両者の間に封止樹脂層を形成するため、光学素子と光導波路との間に、空气中を浮遊していることゴミや異物等が入り込むことがなく、光信号の伝送が阻害されることがない光通信用デバイスを好適に製造することができる。

【0259】

また、ＩＣチップ実装用基板と多層プリント配線板との間に封止樹脂層を形成することにより、得られた光通信用デバイスにおいては、該封止樹脂層が上記ＩＣチップ実装用基板と上記多層プリント配線板との間で熱膨張係数の差に起因して発生する応力を緩和する役目を果たすことができ、また、封止樹脂層を形成することにより光学素子や光導波路の位置ズレがより発生しにくくなる。

従って、本発明の製造方法では、信頼性に優れる光通信用デバイスを好適に製造することができる。

【図面の簡単な説明】

【図１】

本発明の光通信用デバイスの一実施形態を模式的に示す断面図である。

【図 2】

本発明の光通信用デバイスの別の実施形態を模式的に示す断面図である。

【図 3】

本発明の光通信用デバイスのさらに別の実施形態を模式的に示す断面図である。

【図 4】

本発明の光通信用デバイスを構成する ICチップ実装用基板を製造する工程の一部を模式的に示す断面図である。

【図 5】

本発明の光通信用デバイスを構成する ICチップ実装用基板を製造する工程の一部を模式的に示す断面図である。

【図 6】

本発明の光通信用デバイスを構成する ICチップ実装用基板を製造する工程の一部を模式的に示す断面図である。

【図 7】

本発明の光通信用デバイスを構成する ICチップ実装用基板を製造する工程の一部を模式的に示す断面図である。

【図 8】

本発明の光通信用デバイスを構成する ICチップ実装用基板を製造する工程の一部を模式的に示す断面図である。

【図 9】

本発明の光通信用デバイスを構成する多層プリント配線板を製造する工程の一部を模式的に示す断面図である。

【図 10】

本発明の光通信用デバイスを構成する多層プリント配線板を製造する工程の一部を模式的に示す断面図である。

【図 11】

本発明の光通信用デバイスを構成する多層プリント配線板を製造する工程の一部

を模式的に示す断面図である。

【図 12】

本発明の光通信用デバイスを構成する多層プリント配線板を製造する工程の一部を模式的に示す断面図である。

【図 13】

本発明の光通信用デバイスを構成する多層プリント配線板を製造する工程の一部を模式的に示す断面図である。

【図 14】

本発明の光通信用デバイスの一実施形態を模式的に示す断面図である。

【符号の説明】

- 100、200、300 多層プリント配線板
- 101、201、301 基板
- 102、202、302 層間樹脂絶縁層
- 104、204、304 導体回路
- 107、207、307 バイアホール
- 109、209、309 スルーホール
- 111、211 光路用開口
- 114、214、314 ソルダレジスト層
- 118、218、318 光導波路
- 119、219、319 光変換用ミラー
- 120、220、320 ICチップ実装用基板
- 121、221、321 基板
- 122、222、322 層間樹脂絶縁層
- 124、224、324 導体回路
- 127、227、327 バイアホール
- 129、229、329 スルーホール
- 134、234、334 ソルダレジスト層
- 137、237、337 半田接続部
- 138、238、338 受光素子



1 3 9、2 3 9、3 3 9 発光素子

1 4 0 ICチップ

1 4 1、2 4 1、3 4 1、3 5 1 光信号伝送用光路

1 4 2、2 4 2、3 4 2、3 5 2 光路用樹脂層

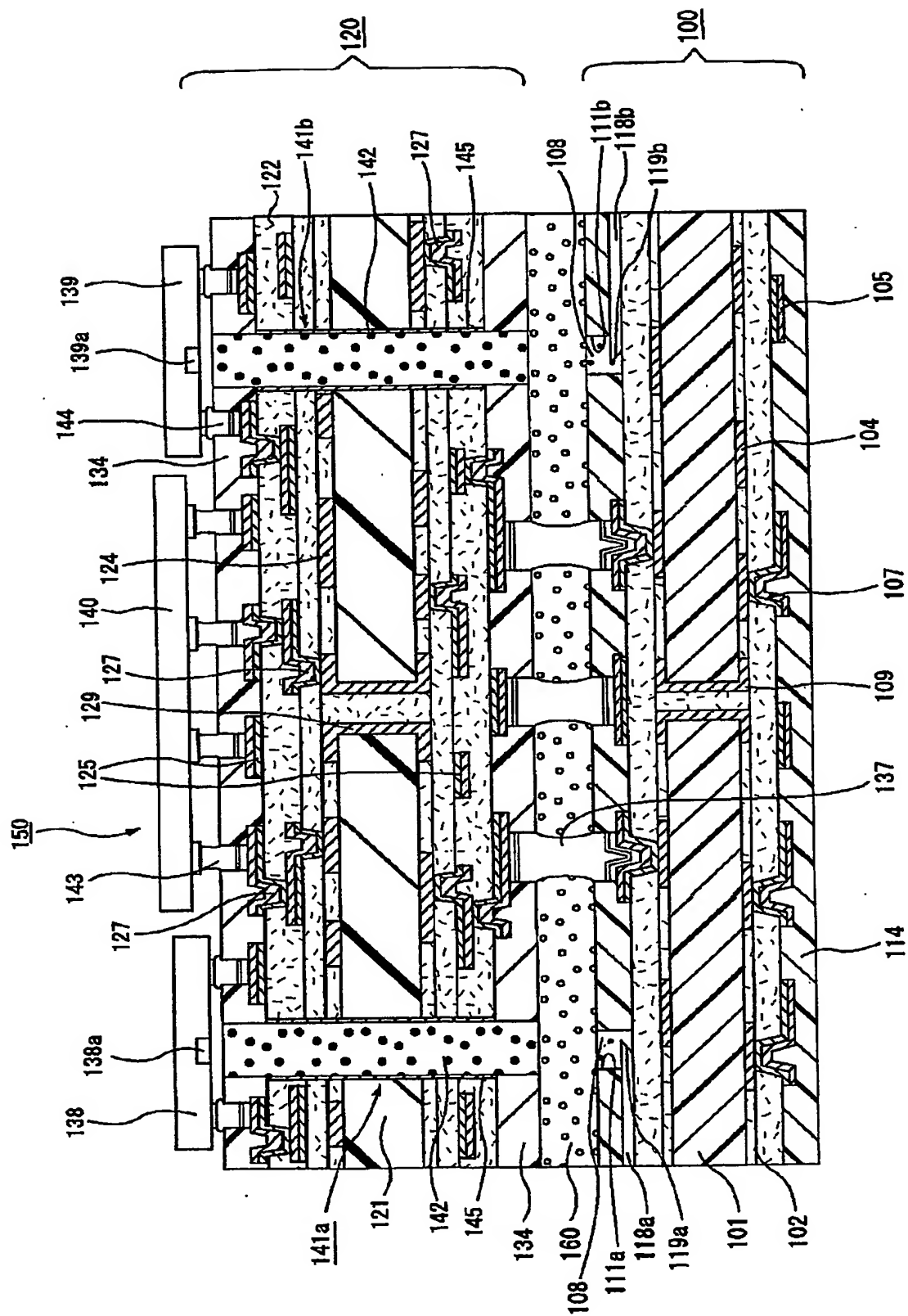
1 4 5、2 4 5、3 4 5、3 5 5 導体層

1 5 0、2 5 0、3 5 0 光通信用デバイス

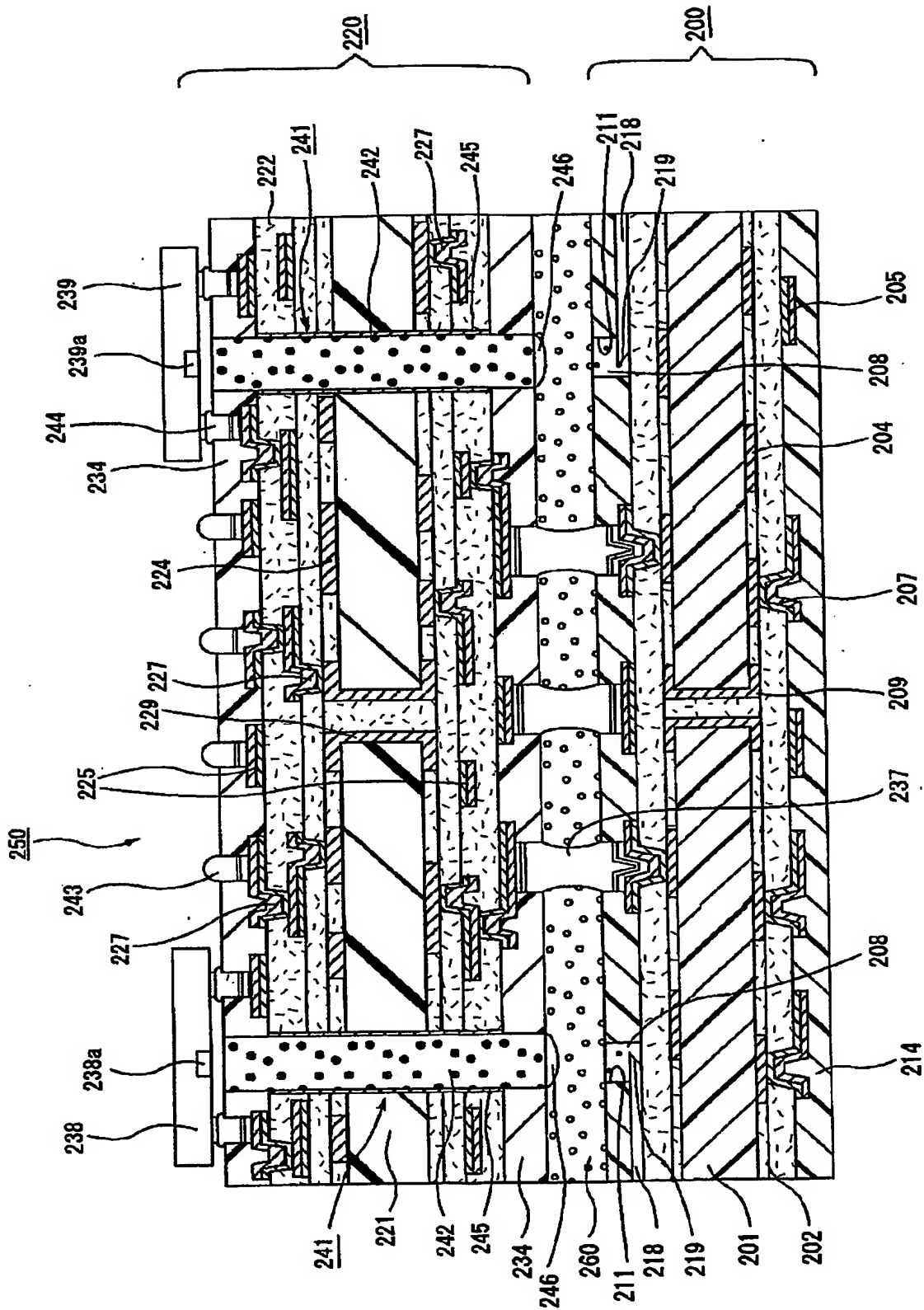
1 6 0、2 6 0、3 6 0 封止樹脂層

【書類名】 図面

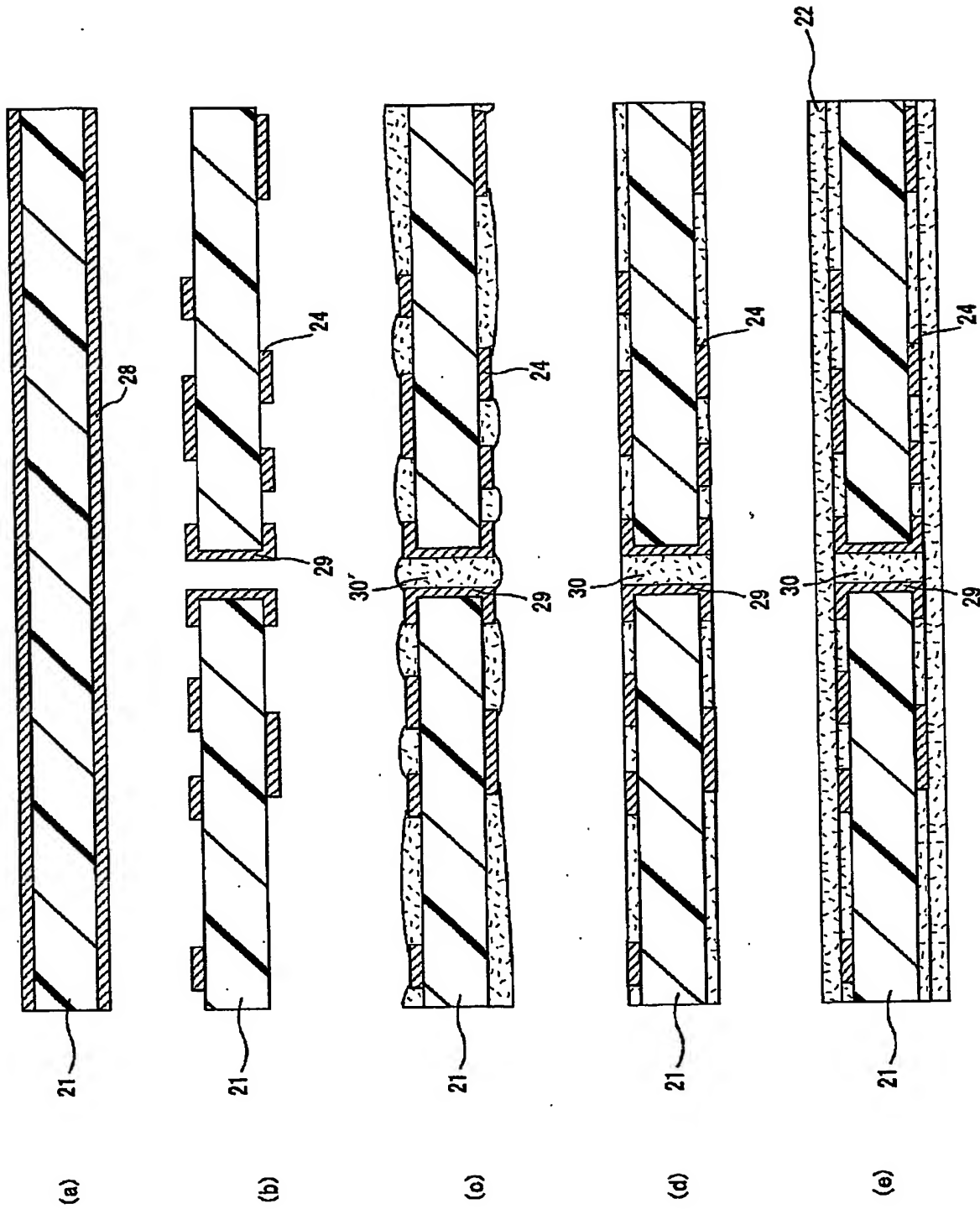
【図 1】



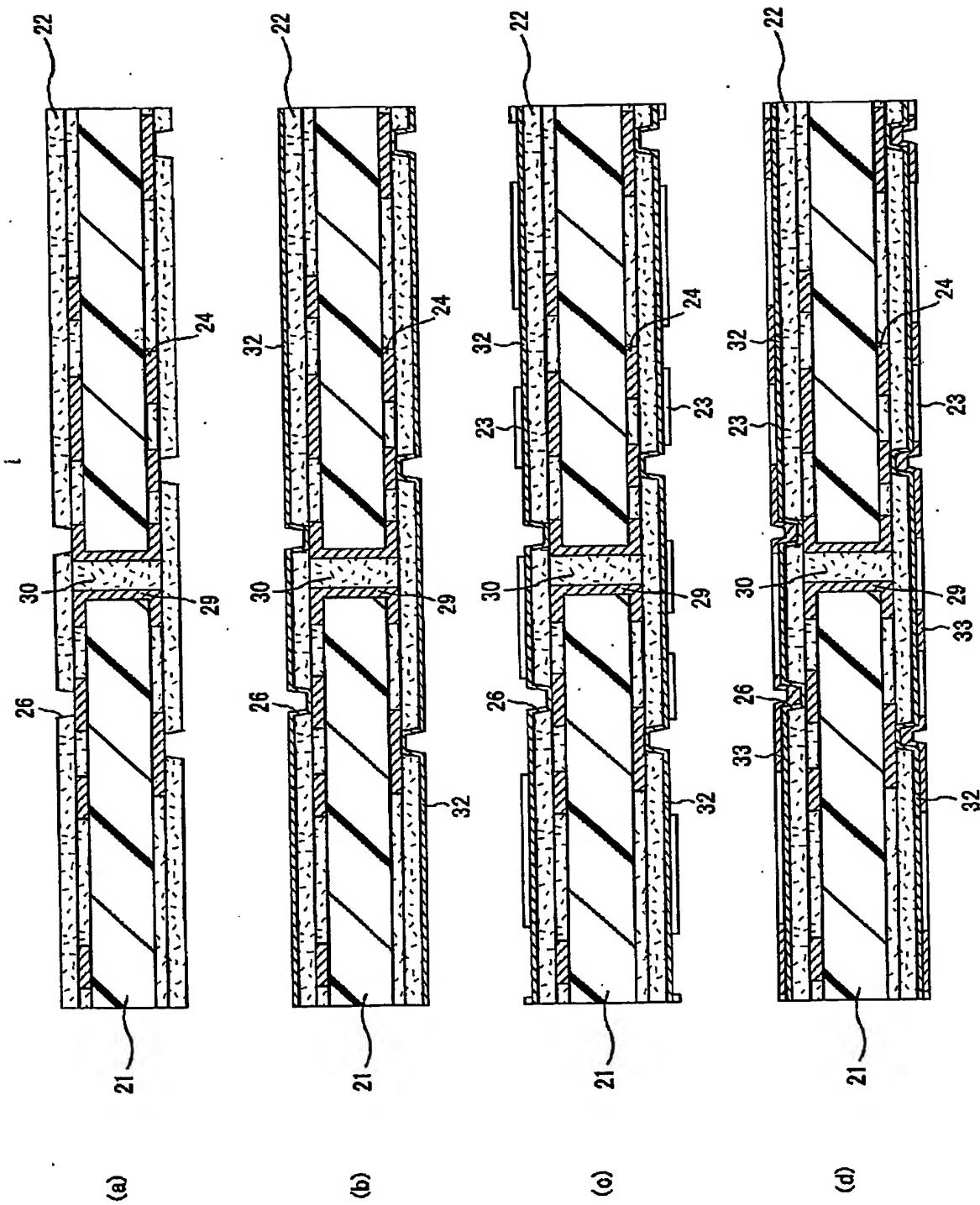
【図 2】



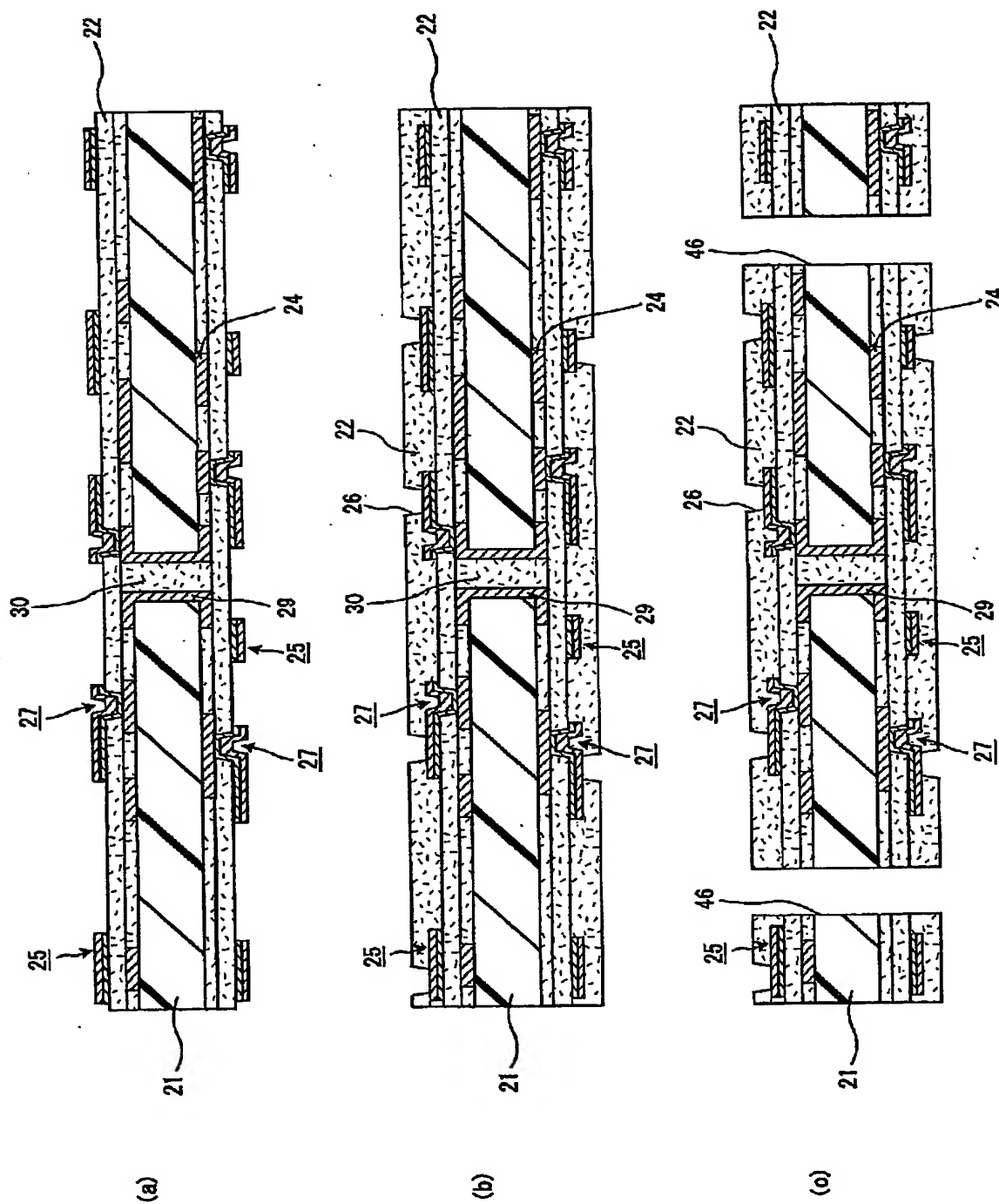
【図 3】



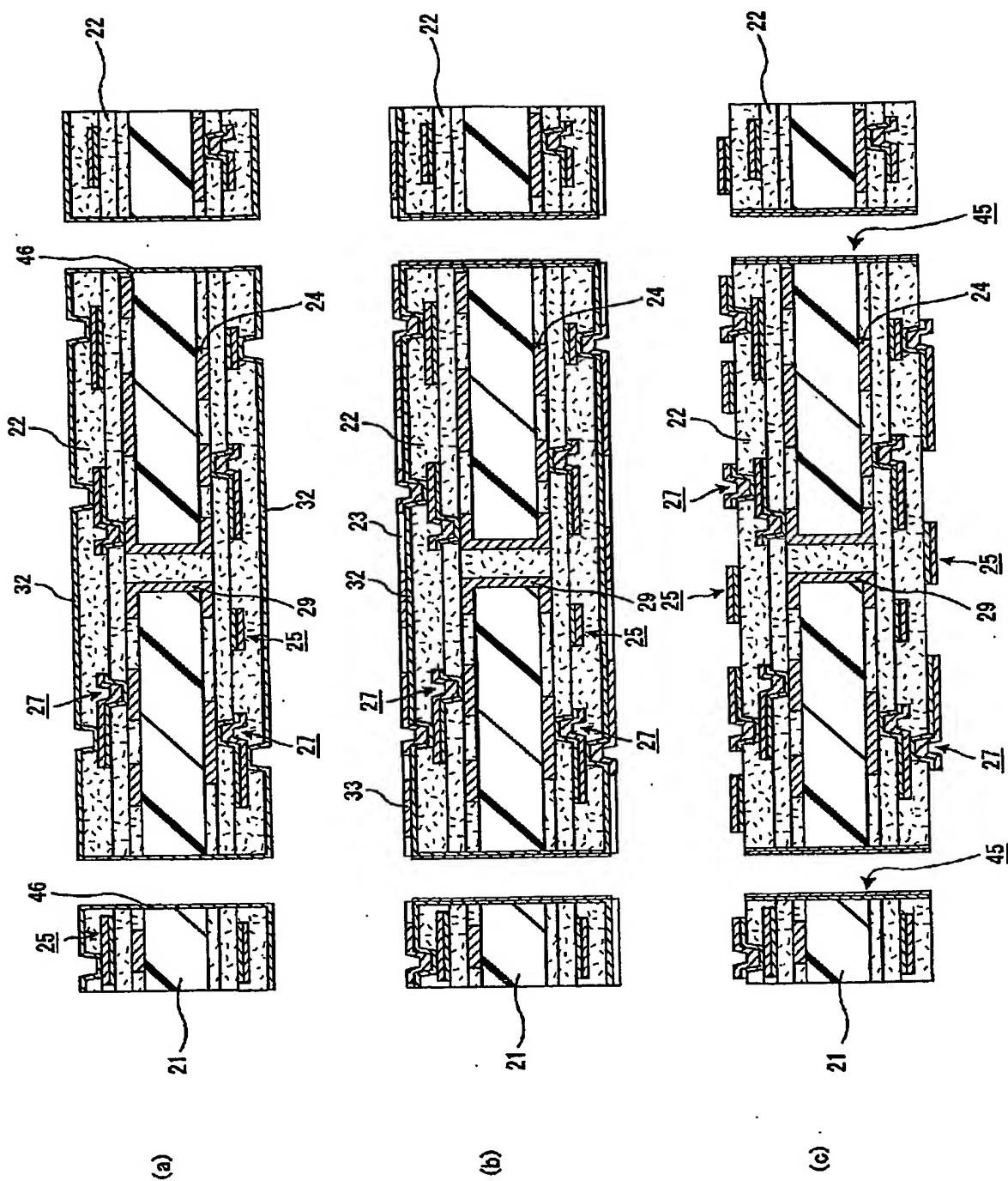
【図 4】



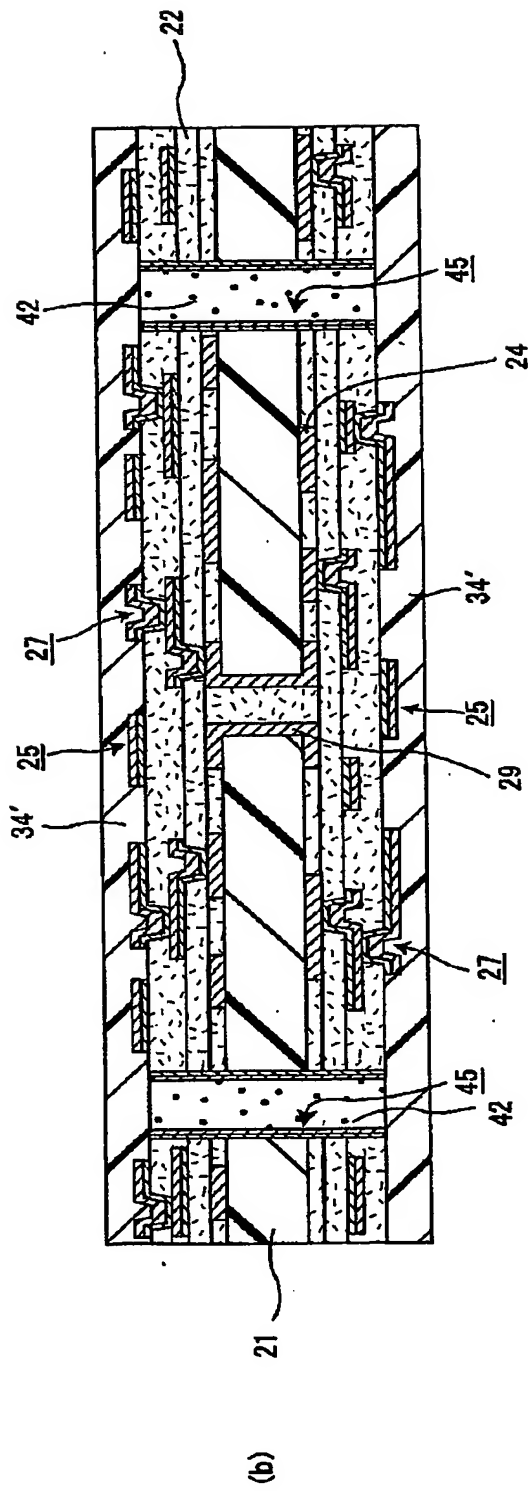
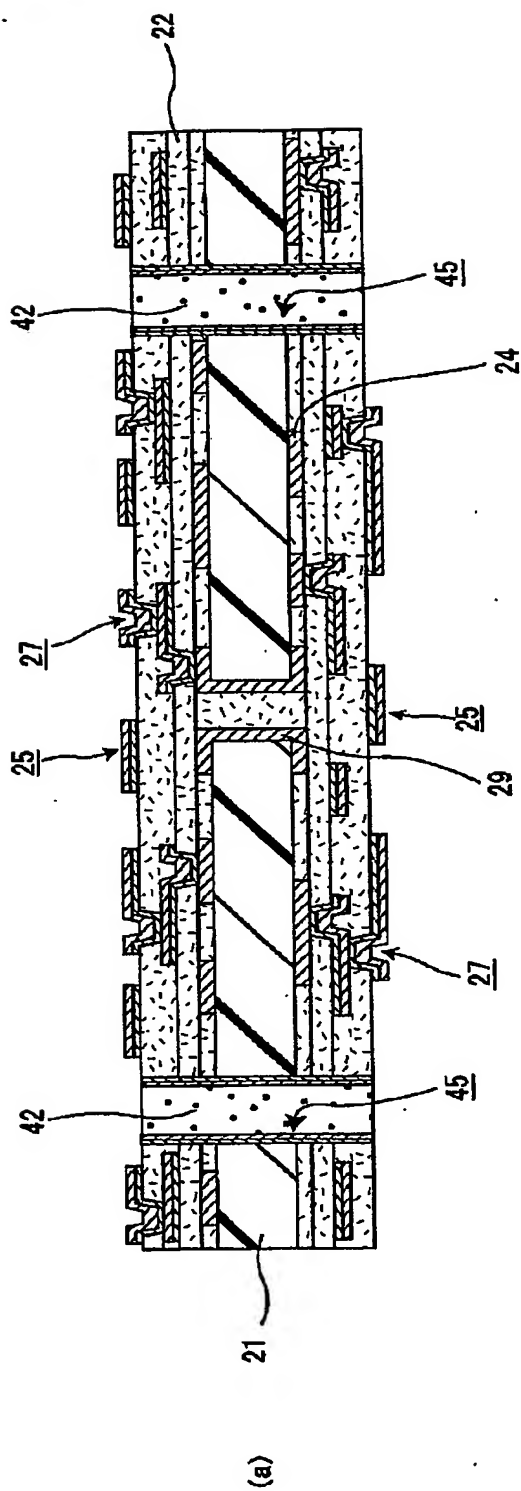
【図 5】



【図 6】

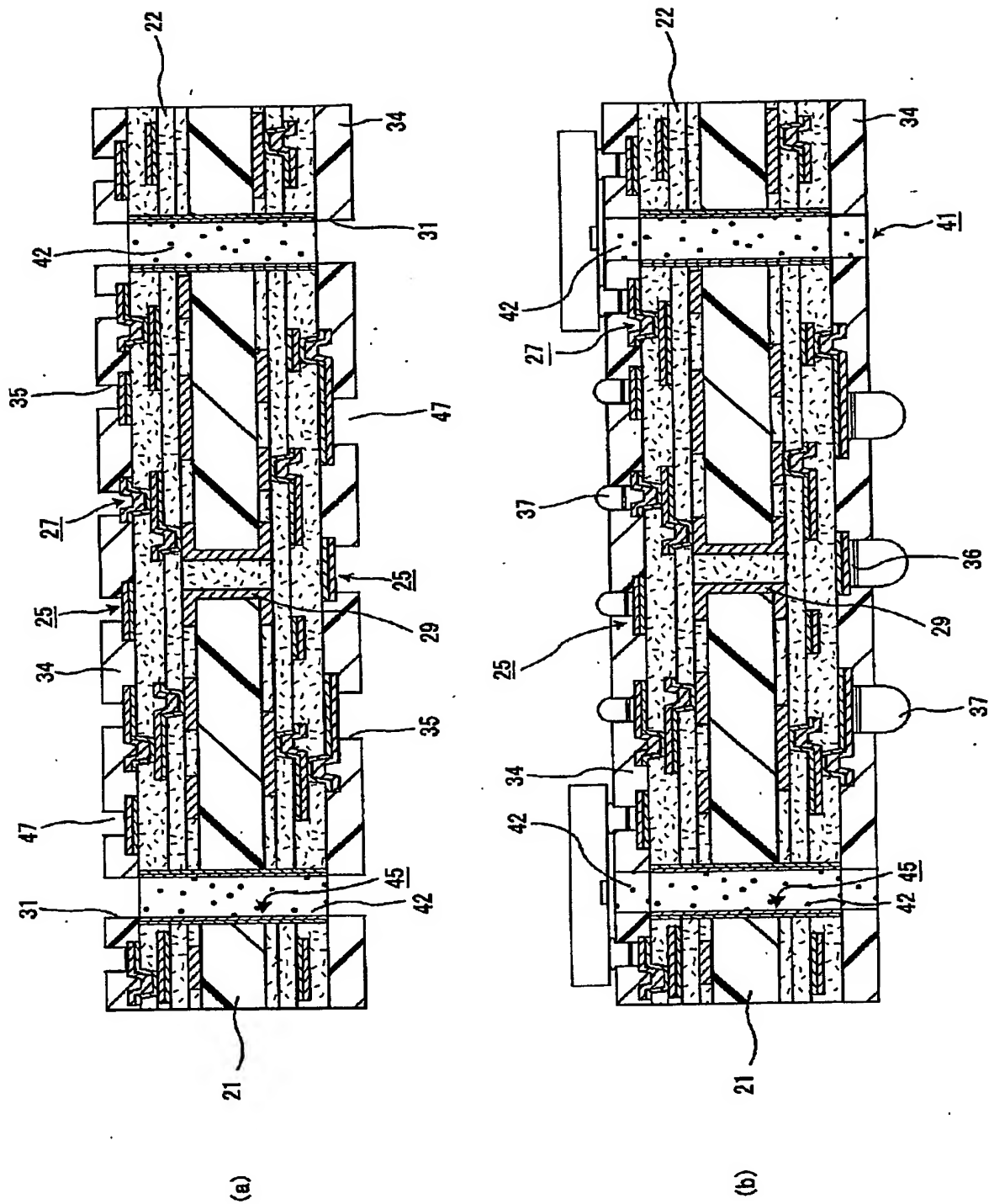


【図 7】

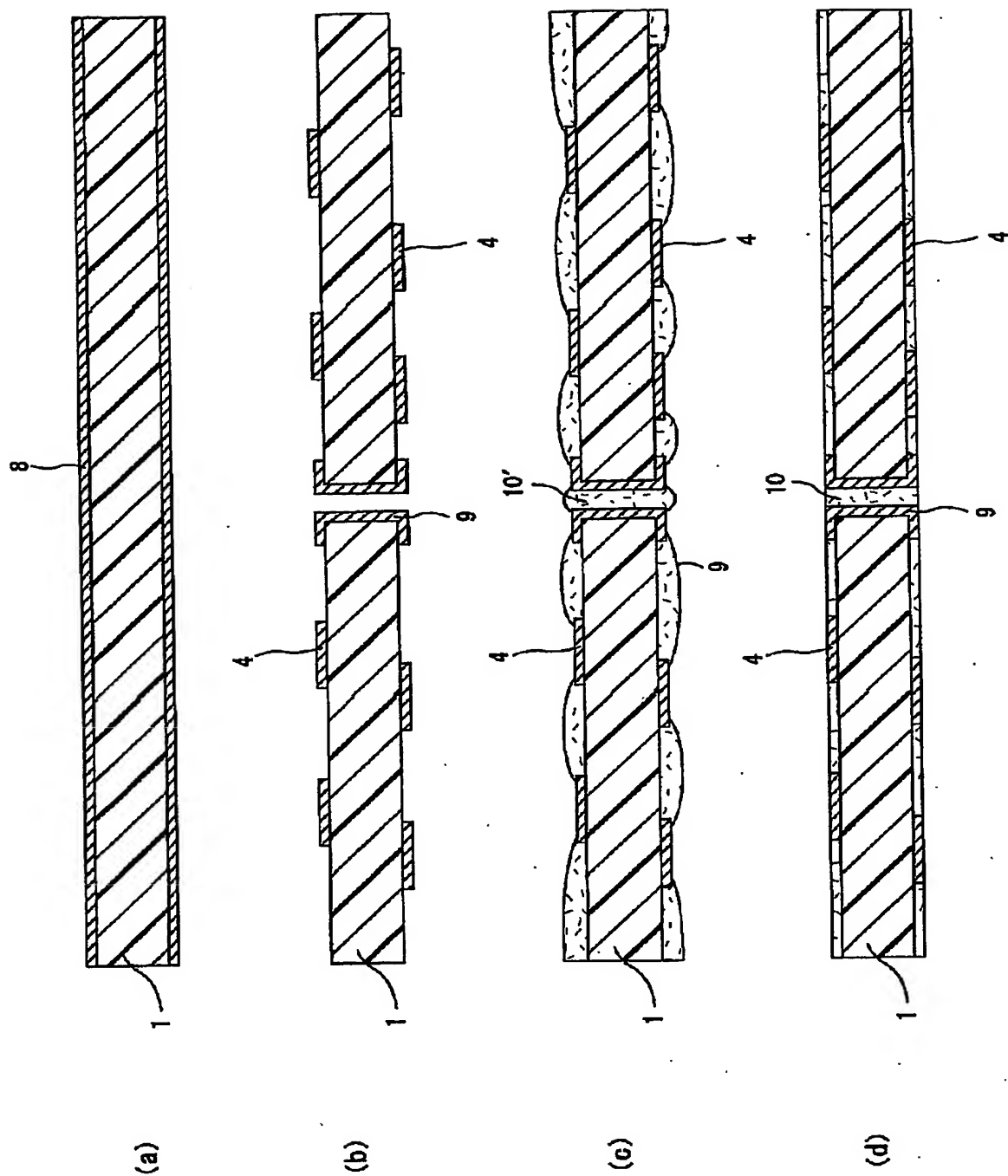




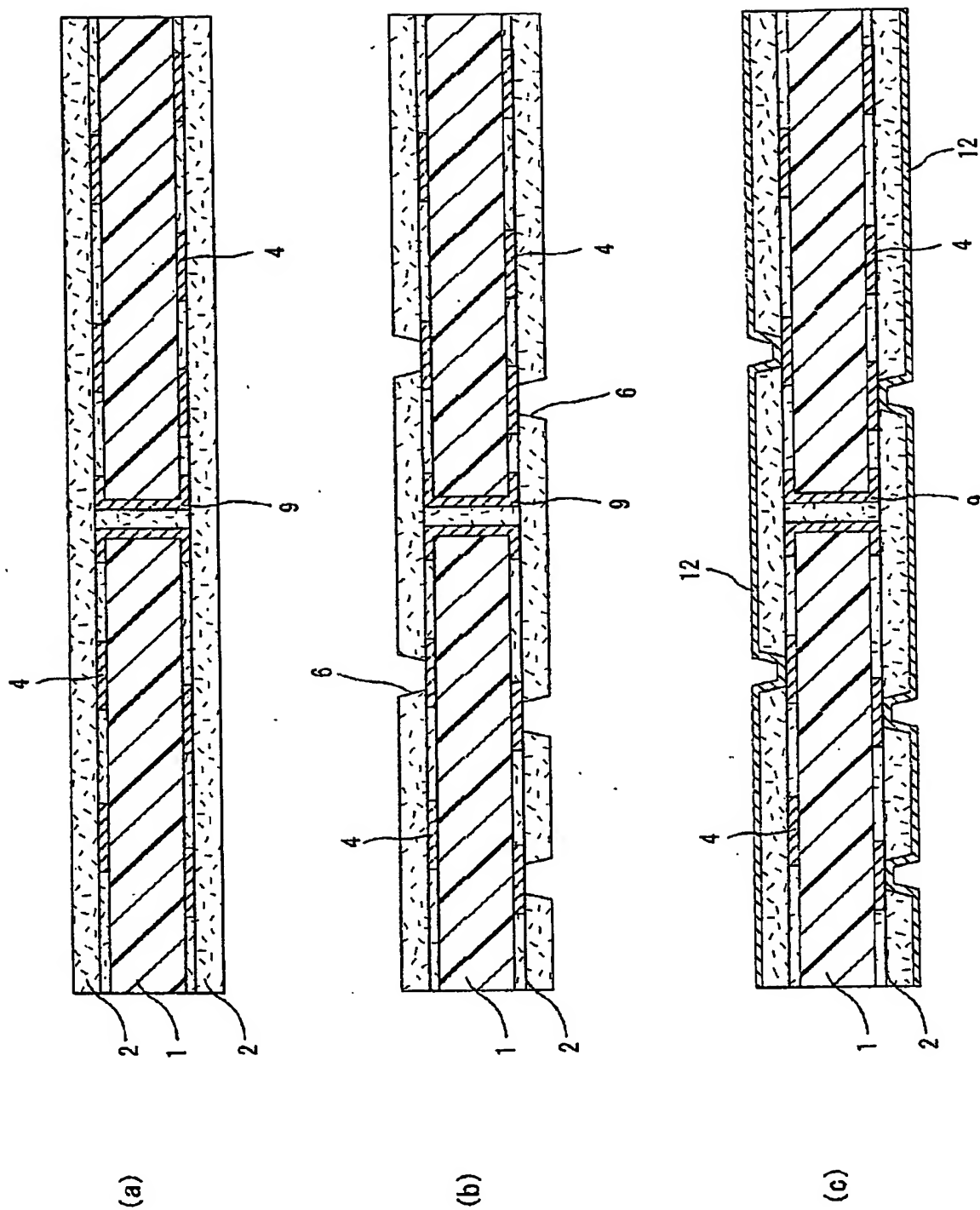
【図 8】



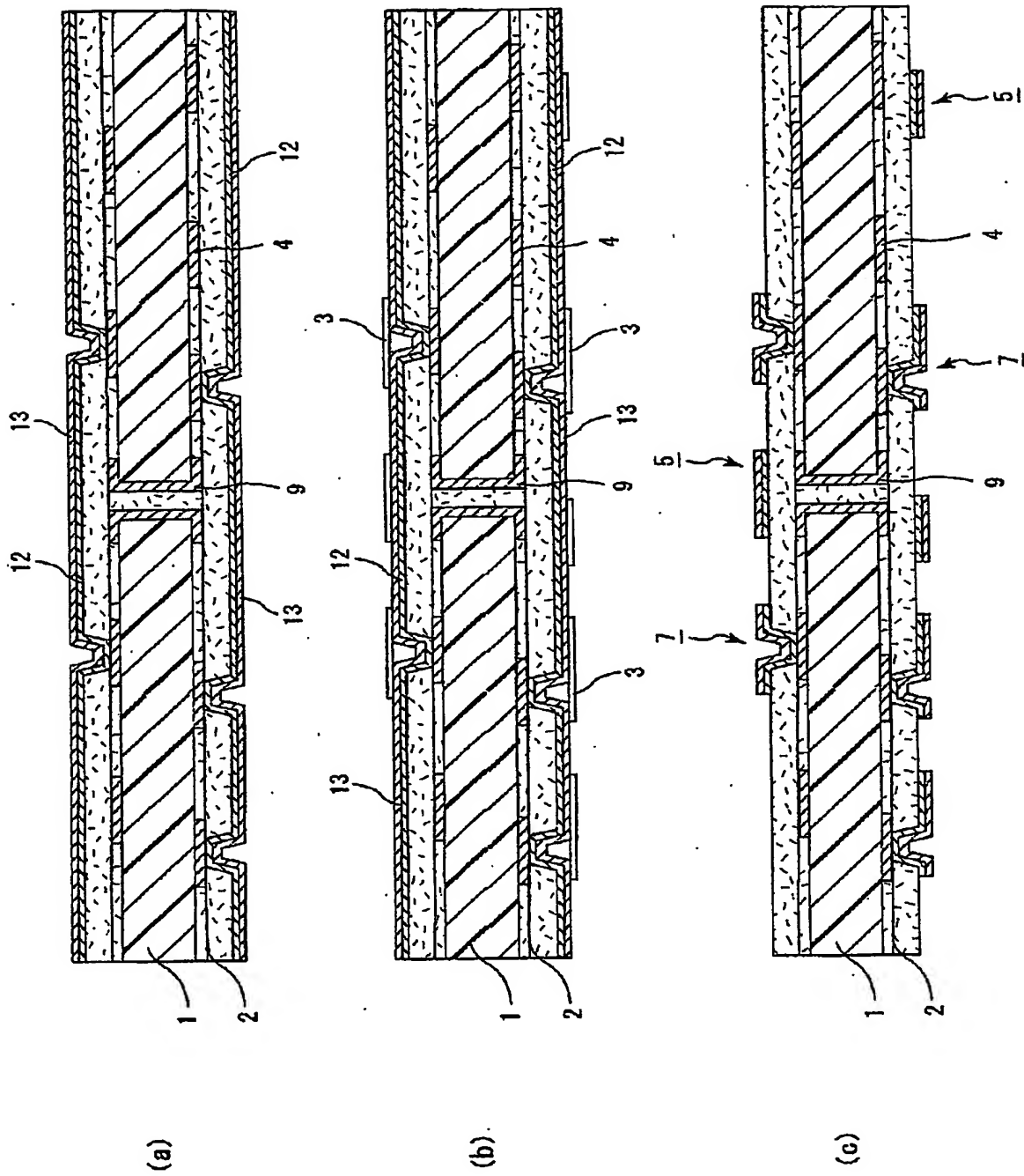
【図9】



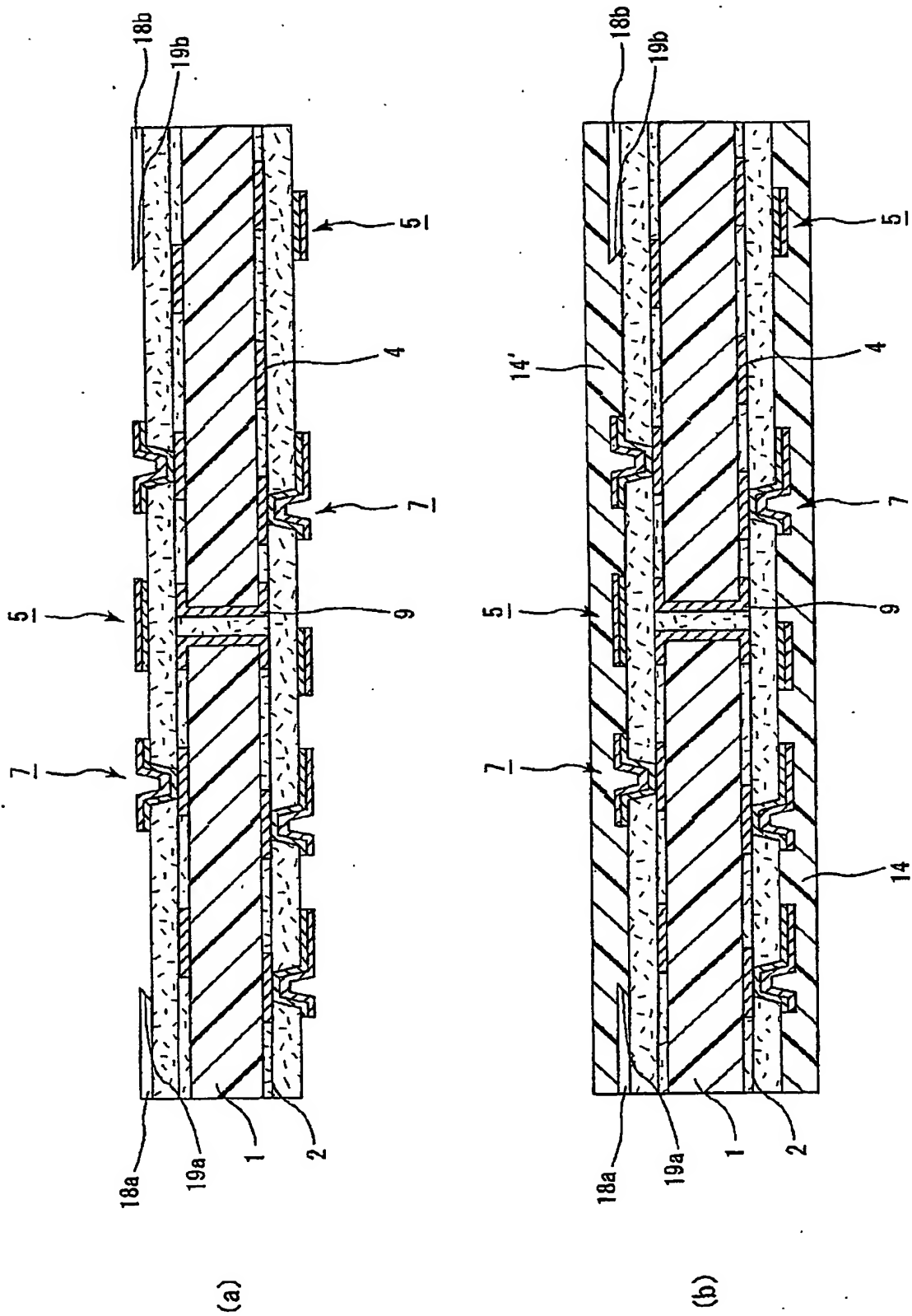
【図10】



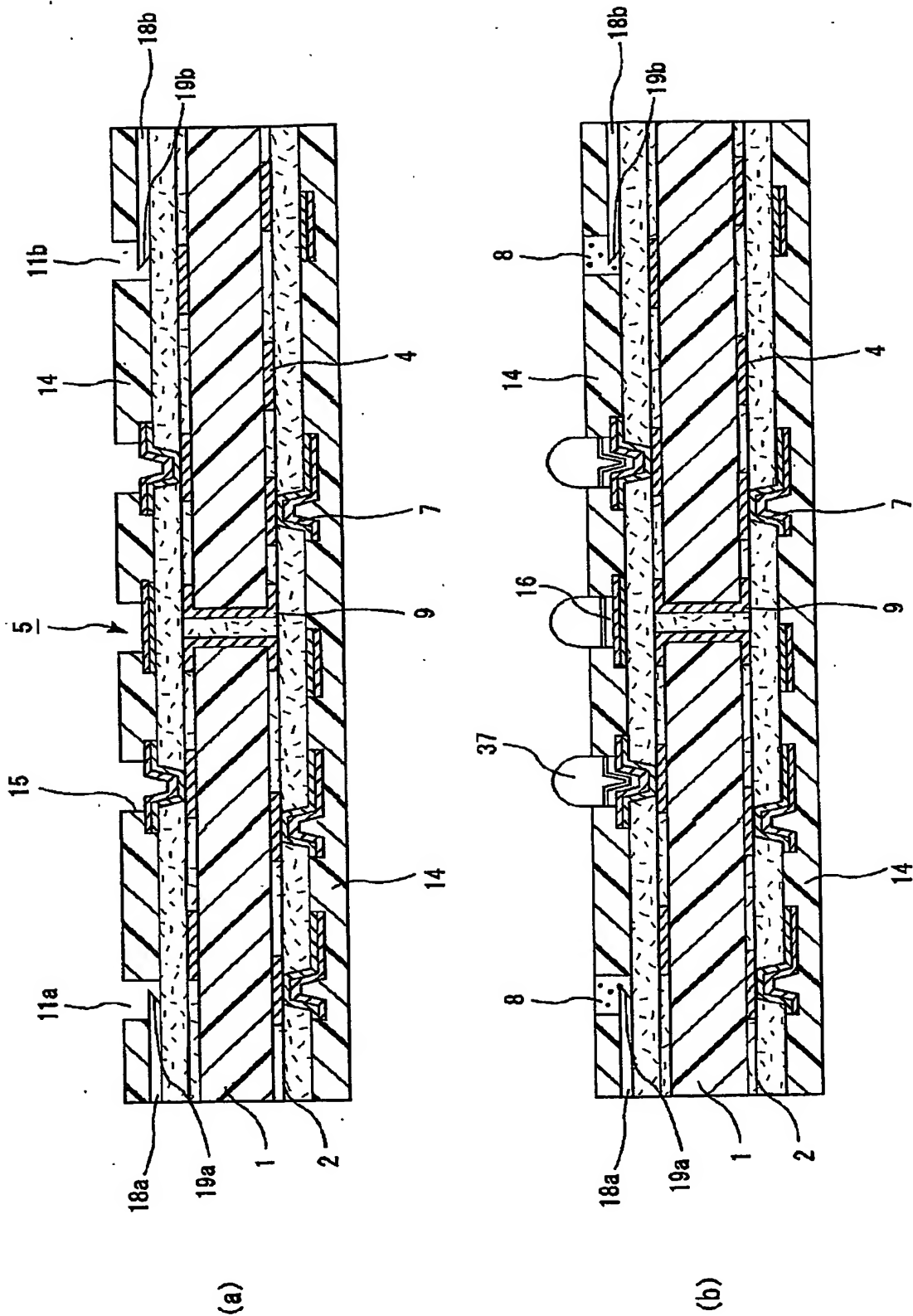
【図 11】



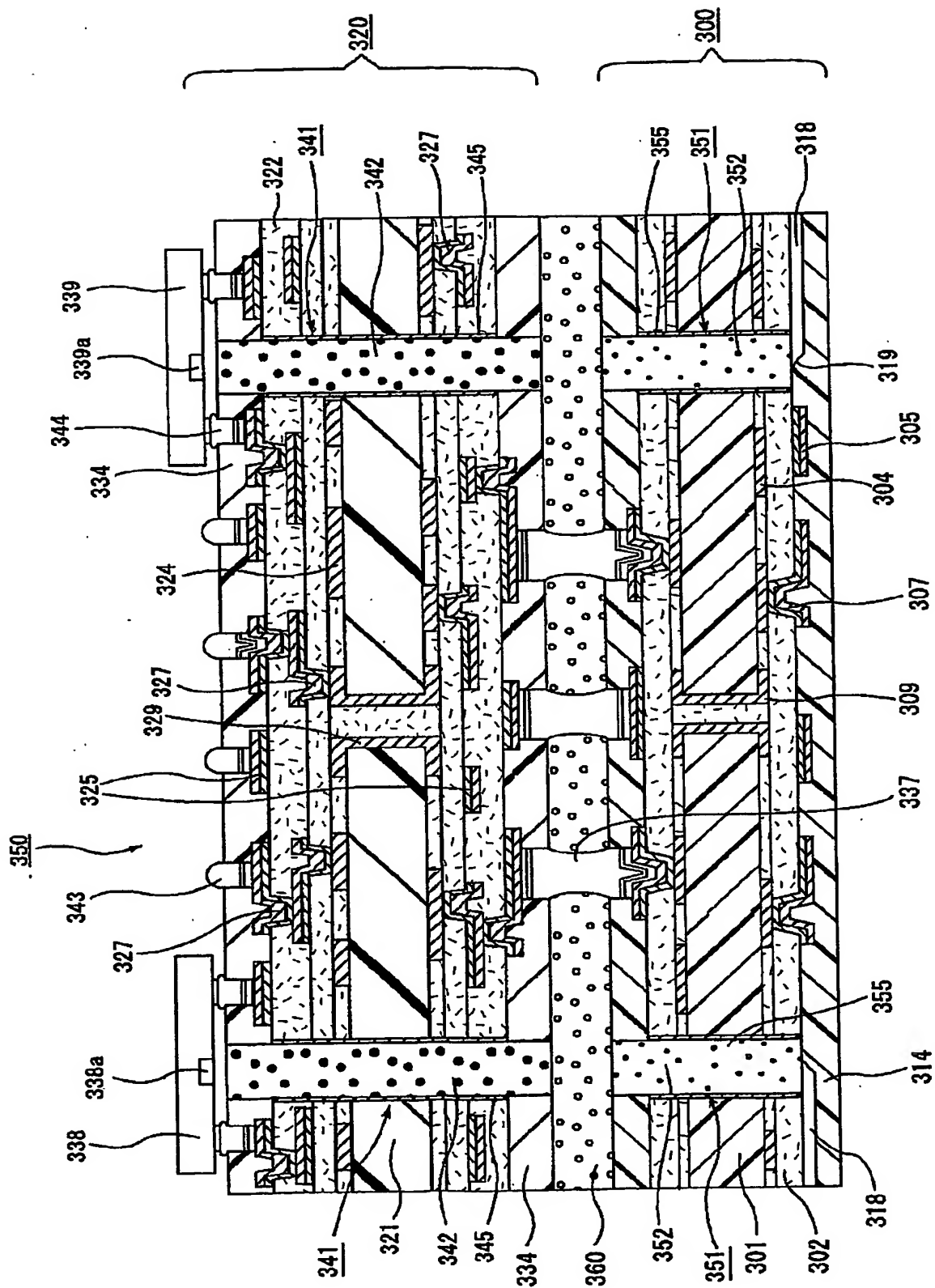
【図 12】



【図13】



【図 14】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 所定の位置に光学素子が実装されたＩＣチップ実装用基板と、所定の位置に光導波路が形成された多層プリント配線板とから構成されているため、実装した光学部品間の接続損失が低く、接続信頼性に優れるとともに、光通信に必要な光学部品と電子部品とを一体化することにより小型化された光通信用デバイスを提供する。

【解決手段】 光信号伝送用光路が形成されるとともに、一の面に光学素子が実装されたＩＣチップ実装用基板と、少なくとも光導波路が形成された多層プリント配線板とからなる光通信用デバイスであって、上記光導波路と、上記光学素子とが上記光信号伝送用光路を介して光信号を伝達することができるように構成されていることを特徴とする光通信用デバイス。

【選択図】 図 1



認定・付加情報

特許出願の番号	特願2002-099306
受付番号	50200470290
書類名	特許願
担当官	第一担当上席 0090
作成日	平成14年 4月 4日

<認定情報・付加情報>

【提出日】 平成14年 4月 1日

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[000000158]

1. 変更年月日	1990年 8月29日
[変更理由]	新規登録
住 所	岐阜県大垣市神田町2丁目1番地
氏 名	イビデン株式会社